



TUGAS AKHIR - TE 145561

**RANCANG BANGUN *BUCK-BOOST CONVERTER* PADA
SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO**

Yunita Ika Agil Yani
NRP 2214039015

Dosen Pembimbing
Suwito, ST., MT.
Agus Suhanto, S.Pd.

PROGRAM STUDI ELEKTRONIKA INDUSTRI
Departemen Teknik Elektro Otomasi
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



TUGAS AKHIR - TE 145561

**RANCANG BANGUN *BUCK-BOOST CONVERTER* PADA
SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO**

Yunita Ika Agil Yani
NRP 2214039015

Dosen Pembimbing
Suwito, ST., MT.
Agus Suhanto, S.Pd.

PROGRAM STUDI ELEKTRONIKA INDUSTRI
Departemen Teknik Elektro Otomasi
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



FINAL PROJECT - TE 145561

DESIGN OF BUCK-BOOST CONVERTER FOR MICRO HYDRO POWER PLANT SYSTEM

Yunita Ika Agil Yani
NRP 2214039015

Advisor I
Suwito, ST., MT.

Advisor II
Agus Suhanto, S.Pd.

INDUSTRIAL ELECTRONICS STUDY PROGRAM
Electrical and Automation Engineering Department
Vocational Faculty
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul "**RANCANG BANGUN BUCK-BOOST CONVERTER PADA SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO**" adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 17 Juli 2017



Yunita Ika Agil Yani
NRP 2214039015

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

**RANCANG BANGUN BUCK-BOOST CONVERTER PADA
SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO**

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Ahli Madya
Pada

Program Studi Elektronika Industri
Departemen Teknik Elektro Otomasi
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I,



Suwito, ST., MT.
NIP. 19810105 2005011 004

Dosen Pembimbing II,



Agus Suhanto, S.Pd.
NIP. 19650821 198603 1 010



**SURABAYA
JULI, 2017**

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

RANCANG BANGUN *BUCK-BOOST CONVERTER* PADA SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO

Nama Mahasiswa : Yunita Ika Agil Yani
NRP : 2214 039 015
Dosen Pembimbing I : Suwito, ST., MT
NIP : 19810105 200501 1 004
Dosen Pembimbing II : Agus Suhanto, S.Pd
NIP : 19650821 198603 1 010

ABSTRAK

Usaha Kecil Menengah (UKM) khususnya industri pengolahan buah dan sayur banyak berada di daerah pegunungan. Untuk menjalankan proses produksi, mereka memerlukan energi listrik yang relatif besar. Adanya aliran sungai di area pegunungan yang tiap tahun selalu mengalir dapat dimanfaatkan untuk dikonversi menjadi energi listrik menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH), sehingga dapat dimanfaatkan untuk memberikan *supply* energi listrik ke Usaha Kecil Menengah (UKM). Kestabilan luaran PLTMH dapat diperbaiki dengan sebuah stabilisator berupa sistem *dc to dc converter* sehingga dapat stabil pada tegangan 12 volt DC.

Pada Tugas Akhir ini dirancang *dc to dc converter* berupa *buck-boost converter* yang bersumber dari generator dc magnet permanen pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). Rangkaian *buck-boost converter* dikendalikan oleh mikrokontroler untuk menghasilkan tegangan *output* stabil dilevel 12 volt DC. Tegangan *output* dc yang telah stabil kemudian dialirkan ke *inverter* untuk dikonversikan menjadi tegangan listrik 220 volt AC dengan frekuensi 50 Hz.

Rangkaian *buck-boost converter* yang telah dirancang dapat bekerja apabila diberi tegangan *input* antara 9,6 – 27 volt. Hasil pengujian keseluruhan sistem menghasilkan tegangan *output* rata-rata 12,04 dan 12,12 volt dengan arus *output* rata-rata sebesar 0,12 ampere.

Kata Kunci : Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH), Mikrokontroler, DC to DC Converter, Buck-Boost Converter

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

DESIGN OF BUCK-BOOST CONVERTER FOR MICRO HYDRO POWER PLANT SYSTEM

Student Name : Yunita Ika Agil Yani
ID Number : 2214 039 015
Advisor I : Suwito, ST., MT
ID Number : 19810105 200501 1 004
Advisor II : Agus Suhanto, S.Pd
ID Number : 19650821 198603 1 010

ABSTRACT

Small and Medium Enterprises (SMEs) especially fruit and vegetable processing industry where most located in mountainous. To operate their production process, they need a relatively large electrical energy. The presence of river flow in mountainous areas that always flow every year can be utilized to be converted into electrical energy using Micro Hydro Power Plant (PLTMH), so it can be used for electricity supply to Small and Medium Enterprises (SMEs). The stability of the Micro Hydro Power Plant (PLTMH) can be regenerated with a stabilizer that is the dc to dc converter system so that it can be stable at 12 volt DC voltage.

In this Final Project designed the dc to dc converter in the form of buck-boost converter that is sourced from permanent magnetic dc generator in Micro Hydro Power Plant system. The buck-boost converter circuit is controlled by microcontroller to produce a stable voltage output at 12 volt DC. And then, the stable dc output voltage will be continued to the inverter to convert into a 220 volt AC with frequency 50 Hz.

The buck-boost converter circuit that has been designed can work when given the input voltage on range 9.6 - 27 volts. The results of overall test from the system produces the average of output voltage is 12.04 and 12.12 volt with the average of output current is 0.12 ampere.

Keywords : Micro Hydro Power Plant System, Microcontroller, DC to DC Converter, Buck-Boost Converter

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang selalu memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Shalawat serta salam semoga selalu dilimpahkan kepada Rasulullah Muhammad SAW, keluarga, sahabat dan umat muslim yang senantiasa meneladani beliau.

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan guna menyelesaikan pendidikan Diploma pada Program Studi Elektronika Industri, Departemen Teknik Elektro Otomasi, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan judul:

"RANCANG BANGUN *BUCK-BOOST CONVERTER* PADA SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO"

Dalam Tugas Akhir ini dirancang *dc to dc converter* berupa rangkaian *buck-boost converter* yang bersumber dari generator dc magnet permanen pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) sehingga mencapai tegangan yang stabil dilevel 12 volt DC.

Dengan terselesaikannya Tugas Akhir ini, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar - besarnya kepada :

1. Kedua orang tua yang senantiasa mendoakan dan memberikan dukungan dengan tulus tiada henti.
2. Bapak Suwito, ST., MT. selaku dosen pembimbing.
3. Bapak Agus Suhanto, S.Pd. selaku dosen pembimbing dari BLKIP.
4. Teman-teman Elektro Industri 18 dan Andromeda DE-09 yang selalu memberikan doa, semangat serta dukungan.
5. Semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari dan memohon maaf atas segala kekurangan pada Tugas Akhir ini. Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dalam pengembangan ilmu di kemudian hari.

Surabaya, 17 Juli 2017

Penulis

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN JUDUL.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	v
LEMBAR PENGESAHAN	vii
ABSTRAK	ix
<i>ABSTRACT</i>	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Sistematika Laporan Tugas Akhir	3
1.6 Relevansi	4

BAB II TEORI PENUNJANG

2.1 Mikrokontroler ATmega328P.....	5
2.2 <i>Non-Inverting Buck-Boost Converter</i>	6
2.3 Sensor Arus	12
2.4 Sensor Tegangan	13
2.5 Baterai atau Akumulator	14
2.6 <i>Inverter</i>	16

BAB III PERANCANGAN SISTEM

3.1 Blok Fungsional Sistem	19
3.2 Perancangan Penunjang <i>Hardware</i>	20
3.3 Perancangan Elektronik	21
3.3.1 <i>Setting Port</i> Mikrokontroler.....	21
3.3.2 Perancangan <i>Buck-Boost Converter</i>	23
3.3.3 Perancangan <i>Driver</i> Mosfet	25
3.3.4 Perancangan Rangkaian Sensor Tegangan.....	27
3.3.5 Perancangan Rangkaian Sensor Arus.....	28

3.4	Perancangan Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	29
3.4.1	Perancangan Program Pembangkitan PWM	29
3.4.2	Perancangan Program Pembacaan Sensor Tegangan.....	31
3.4.3	Perancangan Program Pembacaan Sensor Arus	32
3.4.4	Perancangan Program Keseluruhan	33

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA

4.1	Pengujian Tegangan <i>Output</i> Mikrokontroler	37
4.2	Pengujian <i>Liquid Crystal Display</i> (LCD).....	38
4.3	Pengujian Nilai <i>Duty Cycle</i>	39
4.4	Pengujian Tegangan <i>Output Buck-Boost Converter</i> <i>Mode Buck</i>	41
4.5	Pengujian Tegangan <i>Output Buck-Boost Converter</i> <i>Mode Boost</i>	43
4.6	Pengujian Tegangan <i>Output Buck-Boost Converter</i>	45
4.4	Pengujian Sensor Tegangan (<i>Voltage Divider</i>).....	47
4.5	Pengujian Sensor Arus (ACS712)	48
4.6	Pengujian Keseluruhan.....	50

BAB V PENUTUP

5.1	Kesimpulan	55
5.2	Saran	55

DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN A TABEL HASIL PENGUJIAN	A-1
LAMPIRAN B PROGRAM	B-1
LAMPIRAN C DATASHEET	C-1
LAMPIRAN D FOTO	D-1
DAFTAR RIWAYAT PENULIS	E-1

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Konfigurasi Pin ATmega328P	6
Gambar 2.2	Rangkaian <i>Non-Inverting Buck-Boost Converter</i> <i>Mode Buck</i>	7
Gambar 2.3	Analisa <i>Switch</i> Tertutup	7
Gambar 2.4	Analisa <i>Switch</i> Terbuka	8
Gambar 2.5	Rangkaian <i>Non-Inverting Buck-Boost Converter</i> <i>Mode Boost</i>	8
Gambar 2.6	Analisa <i>Switch</i> Tertutup	9
Gambar 2.7	Analisa <i>Switch</i> Terbuka	9
Gambar 2.8	Rangkaian <i>Non-Inverting Buck-Boost Converter</i>	10
Gambar 2.9	Analisa <i>Switch</i> Tertutup	10
Gambar 2.10	Analisa <i>Switch</i> Terbuka	11
Gambar 2.11	ACS712-20A-T	12
Gambar 2.12	Diagram Pin ACS712	13
Gambar 2.13	Rangkaian Dasar Pembagi Tegangan (<i>Voltage</i> <i>Divider</i>)	14
Gambar 2.14	<i>Inverter</i>	17
Gambar 3.1	Blok Fungsional Sistem	19
Gambar 3.2	Desain <i>Box</i> Panel	21
Gambar 3.3	Skematik <i>Setting Port</i> Mikrokontroler	22
Gambar 3.4	Rangkaian <i>Driver</i> Mosfet <i>Mode Buck</i>	26
Gambar 3.5	Rangkaian <i>Driver</i> Mosfet <i>Mode Boost</i>	26
Gambar 3.6	Rangkaian Pembagi Tegangan	27
Gambar 3.7	Rangkaian Sensor Arus	28
Gambar 3.8	<i>Flowchart</i> Pembangkitan PWM	30
Gambar 3.9	<i>Flowchart</i> Pembacaan Sensor Tegangan	31
Gambar 3.10	<i>Flowchart</i> Pembacaan Sensor Arus	32
Gambar 3.11	<i>Flowchart</i> Program Keseluruhan <i>Buck-Boost</i> <i>Converter</i> pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)	33
Gambar 4.1	Rangkaian Pengujian LCD	39
Gambar 4.2	Hasil Pengujian LCD	39
Gambar 4.3	Grafik Perbandingan Nilai <i>Duty Cycle</i> Pengujian dan Perhitungan dengan Tegangan <i>Output</i> (V_o) pada <i>Mode Buck</i>	40
Gambar 4.4	Grafik Perbandingan Nilai <i>Duty Cycle</i> Pengujian dan Perhitungan dengan Tegangan <i>Output</i> (V_o)	

	pada <i>Mode Boost</i>	40
Gambar 4.5	Rangkaian Pengujian <i>Buck Boost Converter</i> <i>Mode Buck</i>	41
Gambar 4.6	Grafik Perbandingan Nilai <i>Duty Cycle</i> dan Tegangan <i>Output</i> (V_o) saat Pengujian dengan Perhitungan pada <i>Mode Buck</i>	42
Gambar 4.7	Grafik Perbandingan Nilai Tegangan <i>Input</i> (V_i) dan Tegangan <i>Output</i> (V_o) saat Pengujian dengan Perhitungan pada <i>Mode Buck</i>	43
Gambar 4.8	Rangkaian Pengujian <i>Buck Boost Converter</i> <i>Mode Boost</i>	44
Gambar 4.9	Grafik Perbandingan Nilai <i>Duty Cycle</i> dan Tegangan <i>Output</i> (V_o) saat Pengujian dengan Perhitungan pada <i>Mode Boost</i>	44
Gambar 4.10	Grafik Perbandingan Nilai Tegangan <i>Input</i> (V_i) dan Tegangan <i>Output</i> (V_o) saat Pengujian dengan Perhitungan pada <i>Mode Boost</i>	45
Gambar 4.11	Rangkaian Pengujian <i>Buck-Boost Converter</i>	46
Gambar 4.12	Grafik Perbandingan Nilai Tegangan <i>Input</i> (V_i) dan Tegangan <i>Output</i> (V_o) saat Pengujian dengan Tegangan <i>Output</i> (V_o) Seharusnya	46
Gambar 4.13	Rangkaian Pengujian Sensor Tegangan (<i>Voltage Divider</i>)	47
Gambar 4.14	Grafik Nilai Tegangan <i>Input</i> (V_i) dan Tegangan <i>Output</i> (V_o) hasil Pembacaan Sensor Tegangan (<i>Voltage Divider</i>)	48
Gambar 4.15	Rangkaian Pengujian Sensor Arus (ACS712).....	49
Gambar 4.16	Grafik Nilai Arus <i>Input</i> (I_i) dan Arus <i>Output</i> (I_o) hasil Pembacaan Sensor Arus (ACS712)	49
Gambar 4.17	Pengujian Keseluruhan	50
Gambar 4.18	Grafik V_{input} dan V_{output} Pengujian I	51
Gambar 4.19	Grafik I_{input} dan I_{output} Pengujian I	51
Gambar 4.20	Grafik V_{input} dan V_{output} Pengujian II.....	52
Gambar 4.21	Grafik I_{input} dan I_{output} Pengujian II	52

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Spesifikasi Mikrokontroler ATmega328P	5
Tabel 2.2	<i>State of Charge Battery Charging/Accumulator</i>	16
Tabel 3.1	Konfigurasi <i>Port</i> Mikrokontroler	22
Tabel 3.2	Parameter Perhitungan <i>Buck-Boost Converter</i>	23
Tabel 4.1	Hasil Pengukuran Tegangan pada Setiap Pin Mikrokontroler	38
Tabel 4.2	Perbandingan Nilai <i>Duty Cycle</i> Pengujian dan Perhitungan dengan Tegangan <i>Output</i> (V_o) pada <i>Mode</i> <i>Buck</i>	A-1
Tabel 4.3	Perbandingan Nilai <i>Duty Cycle</i> Pengujian dan Perhitungan dengan Tegangan <i>Output</i> (V_o) pada <i>Mode</i> <i>Boost</i>	A-2
Tabel 4.4	Perbandingan Nilai <i>Duty Cycle</i> dan Tegangan <i>Output</i> (V_o) saat Pengujian dan Perhitungan pada <i>Mode Buck</i>	A-3
Tabel 4.5	Perbandingan Nilai Tegangan <i>Input</i> (V_i) dan Tegangan <i>Output</i> (V_o) saat Pengujian dengan Perhitungan pada <i>Mode Buck</i>	A-4
Tabel 4.6	Perbandingan Nilai <i>Duty Cycle</i> dan Tegangan <i>Output</i> (V_o) saat Pengujian dan Perhitungan pada <i>Mode Boost</i>	A-5
Tabel 4.7	Perbandingan Nilai Tegangan <i>Input</i> (V_i) dan Tegangan <i>Output</i> (V_o) saat Pengujian dengan Perhitungan pada <i>Mode Boost</i>	A-6
Tabel 4.8	Perbandingan Nilai Tegangan <i>Input</i> (V_i) dan Tegangan <i>Output</i> (V_o) saat Pengujian dengan Tegangan <i>Output</i> (V_o) Seharusnya	A-7
Tabel 4.9	Perbandingan Nilai Tegangan <i>Input</i> (V_i) dan Tegangan <i>Output</i> (V_o) Hasil Pembacaan Sensor Tegangan (<i>Voltage Divider</i>)	A-8
Tabel 4.10	Perbandingan Nilai Arus <i>Input</i> (I_i) dan Arus <i>Output</i> (I_o) Hasil Pembacaan Sensor Arus (ACS712)	A-9
Tabel 4.11	Pengujian Keseluruhan I <i>Buck-Boost Converter</i> pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH).....	A-10
Tabel 4.12	Pengujian Keseluruhan II <i>Buck-Boost Converter</i> pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH).....	A-11

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

BAB I

PENDAHULUAN

Pada bab ini akan membahas tentang latar belakang, permasalahan, batasan masalah dan tujuan. Selain itu dijelaskan pula sistematika beserta dengan relevansi dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan energi listrik merupakan hal yang sangat penting untuk menunjang kebutuhan manusia, khususnya negara Indonesia. Dengan meningkatnya jumlah penduduk, maka akan semakin meningkat pula energi listrik yang dibutuhkan. Hal ini bertolak belakang dengan ketersediaan energi fosil sebagai bahan bakar utama yang semakin menipis, energi fosil adalah energi yang tidak dapat diperbaharui karena membutuhkan waktu yang sangat lama dalam proses pembentukannya. Untuk memenuhi kebutuhan energi listrik yang terus meningkat, pemerintah terus mengembangkan berbagai energi alternatif, diantaranya energi terbarukan. Potensi energi terbarukan seperti biomassa, panas bumi, energi surya, energi air dan energi angin sampai saat ini belum banyak yang dimanfaatkan. Saat ini Usaha Kecil Menengah (UKM) khususnya industri pengolahan buah dan sayur yang berada di daerah pegunungan membutuhkan pasokan energi listrik yang cukup untuk menunjang proses produksi agar tidak kesusahan dalam menjual hasil panen maupun hasil olahannya. Kondisi air yang berlimpah di daerah pegunungan seharusnya dapat dimanfaatkan sebagai sumber alternatif energi listrik. Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) merupakan bentuk energi alternatif yang sangat mungkin untuk dikembangkan di daerah dengan kondisi air yang berlimpah, misalnya pegunungan.

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) adalah suatu pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggeraknya seperti saluran irigasi, sungai atau air terjun dengan cara memanfaatkan kecepatan aliran sungai, kecepatan putar turbin dan jumlah debit air. Energi mekanik yang berasal dari putaran poros turbin akan diubah menjadi energi listrik oleh sebuah generator.

Terdapat berbagai metode untuk menstabilkan tegangan keluaran dari generator dc magnet permanen pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) ini, namun suatu rangkaian elektronika

yang terpenting dalam menstabilkan tegangan keluaran dari generator dc magnet permanen tersebut yaitu sebuah rangkaian dc to dc converter yang berupa *buck-boost converter*. *Buck-boost converter* adalah suatu rangkaian elektronika yang dapat menaikkan dan menurunkan nilai tegangan keluaran dari generator dc magnet permanen, nilai tegangan tersebut dapat diatur dengan merubah nilai *duty cycle*. Pada rangkaian *buck-boost converter* terdapat beberapa komponen pendukung yaitu induktor, kapasitor, mosfet dan resistor. Komponen utama pada rangkaian ini adalah sebuah induktor yang berfungsi sebagai penyimpan energi listrik yang akan disalurkan ke beban. Tegangan pada beban tersebut adalah hasil dari energi yang tersimpan pada induktor ditambah dengan tegangan masukan. Metode *buck-boost converter* dipilih karena dapat menstabilkan tegangan keluaran dari generator dc magnet permanen ketika debit aliran air tidak stabil. Jika debit aliran air kecil maka tegangan keluaran generator dc magnet permanen juga akan rendah, sehingga converter akan berada pada *mode boost* untuk meningkatkan level tegangan. Namun sebaliknya jika debit aliran air besar maka tegangan keluaran generator dc magnet permanen juga akan tinggi, sehingga converter akan berada pada *mode buck* untuk menurunkan level tegangan. Rangkaian *buck-boost converter* dikendalikan oleh mikrokontroler untuk menghasilkan tegangan keluaran stabil dilevel 12 volt DC. Tegangan keluaran dc yang telah stabil kemudian dialirkan ke inverter untuk dikonversikan menjadi tegangan listrik 220 volt AC dengan frekuensi 50 Hz.

1.2 Rumusan Masalah

Pada Tugas Akhir ini yang menjadi permasalahan utama adalah mengkondisikan keluaran generator dc magnet permanen agar stabil pada tegangan 12 volt DC. *Buck-boost converter* yang telah dirancang harus mampu mengeluarkan tegangan keluaran yang stabil dilevel 12 volt DC. Dimana tegangan keluaran ini akan dialirkan ke inverter untuk dikonversikan menjadi tegangan listrik 220 volt AC sehingga dapat dimanfaatkan pada kehidupan sehari-hari, khususnya UKM pengolahan buah dan sayur yang berada di pegunungan.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang dibahas dalam Tugas Akhir ini meliputi:

- Pada rangkaian *non-inverting buck-boost converter* menggunakan 2 *mode switching*, yaitu *mode switching buck* dengan IRF9540N dan *mode switching boost* dengan IRFP460.
- Level terendah tegangan keluaran generator dc magnet permanen yang dapat diproses oleh *buck-boost converter* adalah 9,6 volt DC dan level tegangan tertinggi adalah 27 volt DC.
- Sistem *buck-boost converter* ini menggunakan 2 generator dc magnet permanen yang dirangkai seri sebagai sumber dan satu baterai 12 volt sebagai beban.
- Mikrokontroler menggunakan Arduino UNO.
- Tegangan keluaran dari *buck-boost converter* akan disimpan dalam baterai dan kemudian dialirkan pada *inverter*.

1.4 Tujuan

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah merancang dan membuat rangkaian dc to dc *converter* dengan menggunakan sistem *buck-boost converter* yang dikendalikan oleh mikrokontroler untuk menghasilkan tegangan *output* stabil dilevel 12 volt DC.

1.5 Sistematika Laporan Tugas Akhir

Sistematika pembahasan Tugas Akhir ini terdiri dari lima bab, yaitu pendahuluan, teori penunjang, perancangan sistem, pengujian dan analisa serta penutup.

Bab I : Pendahuluan

Pada bab ini membahas tentang latar belakang, permasalahan, batasan masalah, tujuan, sistematika laporan serta relevansi.

Bab II : Teori Penunjang

Pada bab ini membahas tentang teori penunjang yang mendukung dalam perencanaan pembuatan rangkaian *buck-boost converter* meliputi teori *buck-boost converter*, aplikasi dan perancangan mikrokontroler serta sensor yang digunakan.

Bab III: Perancangan Sistem

Membahas tentang perencanaan dan pembuatan perangkat keras (*hardware*) yang meliputi pembuatan *box* panel sebagai tempat dari rangkaian *buck-boost converter*, perancangan mikrokontroler dan perancangan penggunaan sensor. Serta perangkat lunak (*software*) berupa program untuk membangkitkan PWM (*Pulse Width Modulation*) pada mikrokontroler.

Bab IV: Pengujian dan Analisa

Membahas tentang pengukuran, pengujian dan penganalisaan terhadap komponen-komponen fisik seperti pengukuran tegangan keluaran pada *mode buck* dan *mode boost* dengan tegangan masukan yang sama yaitu 12 volt DC namun nilai PWM (*duty cycle*) berubah-ubah, pengukuran tegangan masukan maupun keluaran pada rangkaian *buck-boost converter*, pengujian *duty cycle*, pengujian keseluruhan dari rangkaian *buck-boost converter* yang meliputi pengujian tegangan masukan maupun keluaran serta arus masukan maupun keluaran.

Bab V : PENUTUP

Menjelaskan tentang kesimpulan dari Tugas Akhir ini dan saran-saran untuk pengembangan lebih lanjut.

1.6 Relevansi

Dengan adanya *buck-boost converter* pada Tugas Akhir ini diharapkan tegangan keluaran generator dc magnet permanen pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) ini dapat stabil pada tegangan 12 volt DC meskipun tegangan keluaran generator dc magnet permanen berubah-ubah sesuai dengan kecepatan aliran sungai, kecepatan putar turbin dan jumlah debit aliran air. Tegangan keluaran *buck-boost converter* yang sudah stabil 12 volt DC nantinya akan dialirkan ke *inverter* untuk dikonversikan menjadi 220 volt AC sehingga dapat dimanfaatkan oleh UKM pengolahan buah dan sayur di pegunungan pada khususnya.

BAB II

TEORI PENUNJANG

Pada bab ini dibahas mengenai teori yang dapat menunjang dalam proses pembuatan Tugas Akhir. Adapun pada bab ini terdiri dari 6 subbab, yaitu Mikrokontroler ATmega328P, *Non-Inverting Buck-Boost Converter*, Sensor Arus, Sensor Tegangan, Baterai atau Akumulator serta *Inverter*.

2.1 Mikrokontroler ATmega328P [1]

ATmega328P adalah mikrokontroler keluaran dari Atmel yang mempunyai arsitektur RISC (*Reduce Instruction Set Computer*) dimana setiap proses eksekusi data lebih cepat daripada arsitektur CISC (*Completed Instruction Set Computer*).

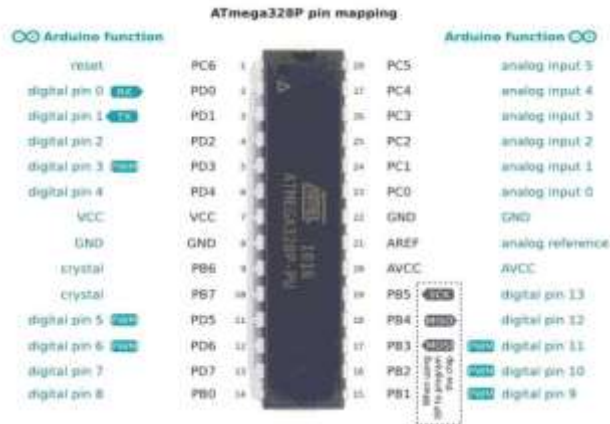
Mikrokontroler ATmega328P memiliki arsitektur *Harvard*, yaitu memisahkan memori untuk kode program dan memori untuk data, sehingga dapat memaksimalkan kerja dan *parallelism*. Instruksi-instruksi dalam memori program dieksekusi dalam satu alur tunggal, dimana pada saat satu instruksi dikerjakan instruksi berikutnya sudah diambil dari memori program.

Mikrokontroler ATmega328P beroperasi pada frekuensi *clock* sampai 16 Mhz. ATmega328P memiliki dua *power saving mode* yang dapat dikontrol melalui *software*, yaitu *idle mode* dan *power down mode*. Pada *idle mode*, CPU tidak aktif sedangkan isi RAM tetap dipertahankan dengan *timer/counter*, *serial port* dan *interrupt system* tetap berfungsi. Pada *power down mode*, isi RAM akan disimpan tetapi osilatornya tidak akan berfungsi sehingga semua fungsi dari chip akan berhenti sampai mendapat *reset* secara *hardware*.

Tabel 2.1 Spesifikasi Mikrokontroler ATmega328P [2]

Tegangan Pengoperasian	5V
Tegangan <i>Input</i> yang Disarankan	7 - 12V
Batas Tegangan <i>Input</i>	6 – 20V
Jumlah Pin I/O Digital	14 (6 PWM)
Jumlah Pin <i>Input</i> Analog	6
Arus DC tiap Pin I/O	40 mA
Arus DC untuk Pin 3.3V	50 mA
Memori <i>Flash</i>	32 KB, 0.5 KB <i>bootloader</i>
SRAM	2 KB

EEPROM	1 KB
Clock Speed	16 MHz



Gambar 2.1 Konfigurasi Pin ATmega328P [1]

Tabel 2.1 menunjukkan spesifikasi dari Mikrokontroler ATmega328P yang digunakan pada Tugas Akhir ini. Sedangkan untuk konfigurasi pin dari ATmega 328P dapat dilihat pada Gambar 2.1.

2.2 Non-Inverting Buck-Boost Converter [3] [4]

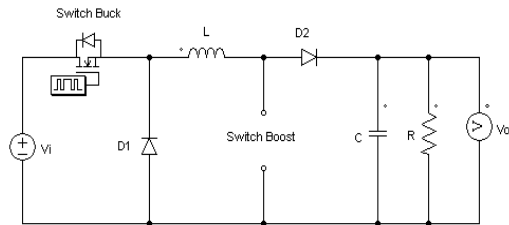
Buck-boost converter berfungsi untuk mengubah level tegangan dc, baik ke level yang lebih rendah maupun yang lebih tinggi. Rangkaian *non-inverting buck-boost converter* (NIBB) menggunakan dua buah *switch* yaitu *mode buck* dan *mode boost* yang merupakan kombinasi dari *buck converter* kemudian diikuti oleh *boost converter*.

Rangkaian NIBB mempunyai tiga *mode* pengoperasian, yakni *mode buck*, *boost* dan *buck-boost*. Ketika tegangan *input* dibawah tegangan yang diinginkan, maka rangkaian akan berubah menjadi *mode boost*. Sebaliknya ketika tegangan *input* diatas tegangan yang diinginkan, maka rangkaian akan berubah menjadi *mode buck*. Ketika tegangan *input* stabil mendekati tegangan yang diinginkan, maka bekerja pada *mode buck-boost*.

Mode Buck

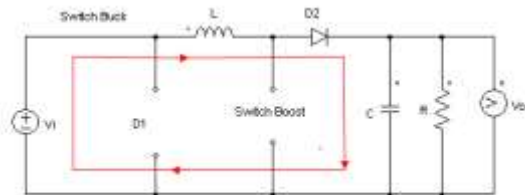
Pada *mode buck*, *switch buck* akan mendapat sinyal *switching* dari *pwm1*, sedangkan *switch boost* akan mendapat sinyal *switching* dari *pwm2* dengan nilai *duty-cycle* (D)=0, sehingga *switch boost* akan

dikontrol selalu *OFF (open)*. Sedangkan tegangan *ouput* dikontrol oleh *switch buck*.



Gambar 2.2 Rangkaian *Non-Inverting Buck Boost Converter Mode Buck*

Rangkaian *Non-Inverting Buck-Boost Converter Mode Buck* dapat dilihat pada Gambar 2.2. Pada *mode buck* analisa rangkaian terbagi menjadi dua, yaitu analisa *switch* tertutup dan terbuka.



Gambar 2.3 Analisa *Switch Tertutup*

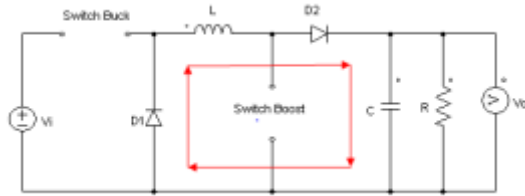
Penjelasan dari analisa *switch* tertutup pada *mode buck* seperti pada Gambar 2.3 adalah sebagai berikut, ketika *switch buck* pada kondisi *ON (close)* sedangkan dioda 1 bekerja *reverse-bias* dan dioda 2 bekerja *forward-bias*, maka arus akan mengisi induktor sekaligus menyuplai beban.

$$-V_i + V_L + V_o = 0$$

$$V_L = V_i - V_o$$

$$V_L = L \frac{di_L}{dt}$$

$$V_i = L \frac{\Delta i}{\Delta t} + V_o \dots \dots \dots (2.1)$$



Gambar 2.4 Analisa *Switch Terbuka*

Penjelasan dari analisa *switch* terbuka pada *mode buck* seperti pada Gambar 2.4 adalah sebagai berikut, ketika *switch buck OFF (open)*, dioda 1 dan dioda 2 bekerja *forward-bias*, maka arus yang tersimpan di induktor akan menyuplai beban (*discharging*).

$$V_o = -V_L$$

$$V_o = -L \frac{di}{dt} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dengan persamaan tersebut, maka nilai V_o adalah sebagai berikut:

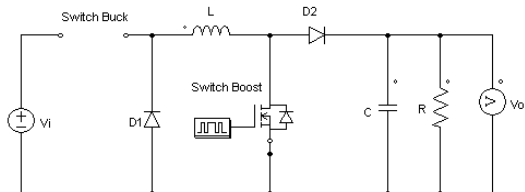
$$V_i = V_o \frac{t_{off}}{t_{on}} + V_o$$

$$V_i = V_o \left(\frac{t_{off}}{t_{on}} + 1 \right)$$

$$V_o = D \cdot V_i \dots \dots \dots (2.3)$$

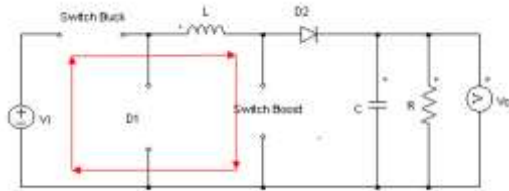
Mode Boost

Pada *mode boost*, *switch boost* akan mendapat sinyal *switching* dari *pwm2*. *Switch buck* mendapat sinyal *switching* dari *pwm1* dengan nilai *duty-cycle* (D)=1 dan selalu *ON (close)*. Sedangkan tegangan *output* akan dikontrol oleh *switch boost*.



Gambar 2.5 Rangkaian *Non-Inverting Buck Boost Converter Mode Boost*

Rangkaian *Non-Inverting Buck-Boost Converter Mode Boost* dapat dilihat pada Gambar 2.5. Pada *mode boost* ini analisa rangkaian terbagi menjadi dua, yaitu analisa *switch* tertutup dan terbuka



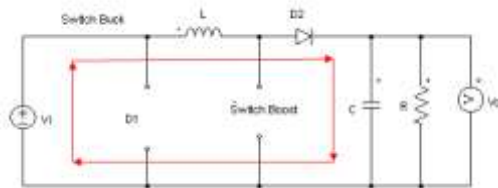
Gambar 2.6 Analisa Switch Tertutup

Penjelasan dari analisa *switch* tertutup pada *mode boost* seperti pada Gambar 2.6 adalah sebagai berikut, ketika *switch boost* pada kondisi *ON (close)* maka dioda 1 dan dioda 2 bekerja *reverse-bias*, sehingga arus akan mengisi induktor. Polaritas induktor pada sisi kiri lebih positif dibandingkan sisi kanannya.

$$V_i = V_L$$

$$V_i = L \frac{di}{dt}$$

$$V_i \cdot t_{on} = L \cdot \Delta i \dots \dots \dots (2.4)$$



Gambar 2.7 Analisa Switch Terbuka

Penjelasan dari analisa *switch* terbuka pada *mode boost* seperti pada Gambar 2.7 adalah sebagai berikut, ketika *switch boost OFF (open)* maka dioda 1 bekerja *reverse-bias* dan dioda 2 bekerja *forward-bias*, sehingga arus yang tersimpan di induktor akan berkurang karena impedansi yang lebih tinggi. Berkurangnya arus pada induktor menyebabkan induktor tersebut membalik polaritasnya (lebih negatif dari sisi kiri) sehingga arus yang mengalir pada dioda dan pada beban adalah penjumlahan antara arus pada sumber dan arus pada induktor. Disaat yang bersamaan kapasitor akan melakukan penyimpanan energi dalam bentuk tegangan. Tegangan *output* pada *boost converter* akan lebih tinggi dibandingkan tegangan *input*.

$$V_o = V_i + V_L$$

$$V_o = L \frac{\Delta i}{t_{off}} + V_i \dots\dots\dots (2.5)$$

Dengan persamaan tersebut, maka nilai V_o adalah sebagai berikut:

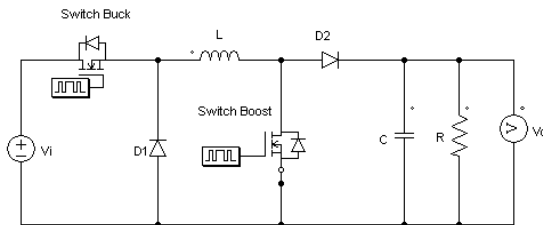
$$V_o = V_i + V_i \frac{t_{on}}{t_{off}}$$

$$V_o = V_i \left(1 - \frac{t_{on}}{t_{off}}\right)$$

$$V_o = V_i \left(\frac{1}{(1-D)}\right) \dots\dots\dots (2.6)$$

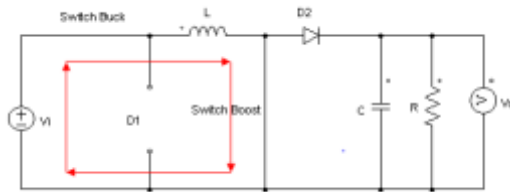
Mode Buck-Boost

Pada *mode buck-boost*, *switch buck* dan *switch boost* mendapat sinyal *switching* *pwm1* dan *pwm2*.



Gambar 2.8 Rangkaian *Non-Inverting Buck Boost Converter*

Rangkaian *Non-Inverting Buck-Boost Converter* dapat dilihat pada Gambar 2.8. Prinsip kerja rangkaian *mode buck-boost* ini dibagi menjadi dua yaitu: analisa *switch* tertutup dan terbuka.



Gambar 2.9 Analisa *Switch Tertutup*

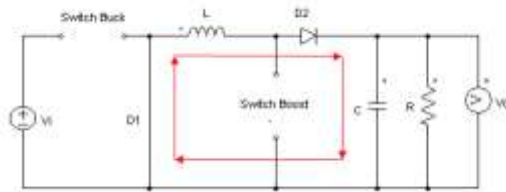
Gambar 2.9 menunjukkan rangkaian *buck-boost* dengan analisa *switch* tertutup dimana *switch buck* dan *switch boost* **ON (close)**. Hal ini menyebabkan dioda 1 dan dioda 2 bekerja *reverse-bias* sehingga arus akan mengisi induktor (*charging*) dan arus induktor (I_L) naik sampai

arus maksimum dari induktor. Dengan rumus penurunan pada analisa *switch* tertutup adalah sebagai berikut:

$$V_i = VL$$

$$V_i = L \left(\frac{di}{dt} \right)$$

$$V_i = L \left(\frac{di}{t_{on}} \right) \dots\dots\dots (2.7)$$



Gambar 2.10 Analisa *Switch* Terbuka

Gambar 2.10 menunjukkan rangkaian *buck-boost* dengan analisa *switch* terbuka dimana *switch buck* dan *switch boost* *OFF (open)*. Sehingga kedua dioda bekerja *forward-bias* dan arus yang tersimpan pada induktor akan menyuplai ke beban (*discharging*). Dengan rumus penurunan pada saat analisa *switch* terbuka adalah sebagai berikut:

$$V_o = VL$$

$$V_o = L \left(\frac{di}{dt} \right)$$

$$V_o = L \left(\frac{di}{t_{off}} \right)$$

$$L \cdot di = V_o \cdot t_{off} \dots\dots\dots (2.8)$$

Ketika analisa *switch* tertutup dan terbuka disubstitusikan, maka akan diperoleh persamaan tegangan *output* (V_o) pada rangkaian *buck-boost converter* sebagai berikut:

$$V_i = \frac{(V_o \cdot t_{off})}{t_{on}}$$

$$T_{on} = D \cdot T$$

$$T_{off} = (1 - D) \cdot T$$

$$V_i = \frac{(V_o \cdot (1 - D) \cdot T)}{(D \cdot T)}$$

$$V_i = \frac{(V_o \cdot (1 - D))}{D}$$

$$V_o = \frac{(V_i \cdot D)}{(1 - D)} \dots\dots\dots (2.9)$$

2.3 Sensor Arus [6]

Sensor arus yang digunakan pada Tugas Akhir ini adalah ACS712 seperti pada Gambar 2.11. ACS712 merupakan sensor arus yang bekerja berdasarkan efek medan. Sensor arus ini dapat digunakan untuk mengukur arus AC atau DC. Modul sensor ini telah dilengkapi dengan rangkaian penguat operasional, sehingga sensitivitas pengukuran arusnya meningkat dan dapat mengukur perubahan arus yang kecil. Sensor ini digunakan pada aplikasi-aplikasi di bidang industri, komersial maupun komunikasi. Contoh aplikasi dari ACS712 antara lain untuk sensor kontrol motor, deteksi dan manajemen penggunaan daya, sensor untuk catu daya tersaklar, sensor proteksi terhadap arus lebih dan lain sebagainya.

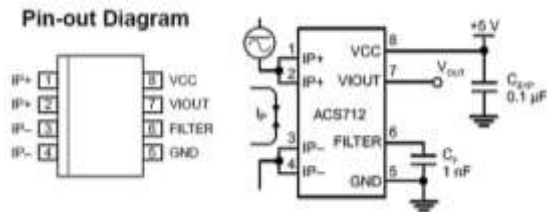


Gambar 2.11 ACS712-20A-T

Spesifikasi Sensor Arus ACS712-20A-T [6] :

1. Masukan (*input*) menggunakan dua pasang terminal *power* hijau yang mampu menahan arus listrik yang besar, sehingga mudah dalam instalasi.
2. Keluaran (*output*) menggunakan tiga terminal *power* hitam.
3. Maksimal pengukuran: 20 A.
4. Sensitivitas keluaran: 100 mV/A (analog).
5. Tegangan keluaran proporsional terhadap arus masukan (*input*) AC ataupun DC.
6. Tegangan *offset* keluaran yang sangat stabil.
7. *Hysteresis* akibat medan magnet mendekati nol.
8. Rasio keluaran sesuai tegangan sumber.
9. Tegangan sumber: 4,5VDC – 5,5VDC.

Sensor ini memiliki pembacaan dengan ketepatan yang tinggi, karena di dalamnya terdapat rangkaian *offset* rendah *linier* medan dengan satu lintasan yang terbuat dari tembaga. Cara kerja sensor ini adalah arus yang dibaca mengalir melalui kabel tembaga yang terdapat didalamnya yang menghasilkan medan magnet yang di tangkap oleh IC medan terintegrasi dan diubah menjadi tegangan proporsional. Ketelitian dalam pembacaan sensor dioptimalkan dengan cara pemasangan komponen yang ada di dalamnya antara penghantar yang menghasilkan medan magnet dengan transduser medan secara berdekatan.

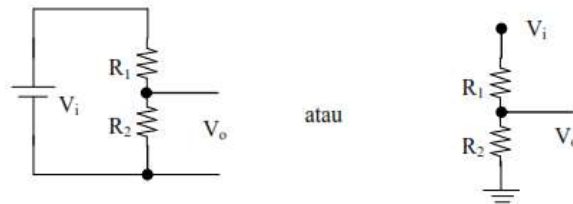


Gambar 2.12 Diagram Pin ACS712 [6]

Hambatan dalam penghantar sensor sebesar 1,2 m Ω dengan daya yang rendah. Jalur terminal konduktif secara kelistrikan diisolasi dari sensor timah mengarah (pin 5 sampai pin 8) seperti pada Gambar 2.12 yang merupakan diagram pin dari ACS712. Hal ini menjadikan sensor arus ACS712 dapat digunakan pada aplikasi-aplikasi yang membutuhkan isolasi listrik tanpa menggunakan opto-isolator atau teknik isolasi lainnya yang mahal. IC ACS712 tipe 20A ini mempunyai sensitivitas sebesar 100mV/A. Saat arus yang mengalir 0A IC ini mempunyai *output* tegangan 2,5V. Nilai tegangan akan bertambah berbanding lurus dengan nilai arus.

2.4 Sensor Tegangan [7]

Sensor tegangan yang digunakan pada Tugas Akhir ini menggunakan rangkaian pembagi tegangan (*voltage divider*). Rangkaian pembagi tegangan merupakan rangkaian elektronika sederhana yang dapat mengubah tegangan yang tinggi menjadi tegangan yang lebih rendah. Pembagi tegangan memerlukan sumber tegangan yang disambungkan secara seri dengan dua resistor. Pembagi tegangan sering dijumpai pada masukan alat-alat ukur untuk mencegah terjadinya kelebihan arus yang mengalir pada μ -ampere.



Gambar 2.13 Rangkaian Dasar Pembagi Tegangan (*Voltage Divider*)

Dari rangkaian yang telah ditunjukkan pada Gambar 2.13 dapat diperoleh persamaan:

$$V_o = \frac{R_2}{(R_1 + R_2)} V_i$$

Persamaan ini adalah persamaan untuk menghitung tegangan *output* yang dihasilkan oleh sebuah rangkaian pembagi tegangan. Dengan memilih dua buah resistor dengan nilai tahanan yang sesuai, kita dapat memperoleh nilai tegangan *output* berapapun didalam kisaran 0 V hingga V_{in} .

2.5 Baterai atau Akumulator [8]

Baterai atau Akumulator adalah sebuah sel listrik dimana didalamnya berlangsung proses elektrokimia yang *reversible* (dapat berkebalikan) dengan efisiensi yang tinggi. Yang dimaksud dengan proses elektrokimia *reversible* adalah didalam baterai dapat berlangsung proses perubahan kimia menjadi tenaga listrik dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia, yaitu pengisian kembali dengan cara regenerasi dari elektroda-elektroda yang dipakai dengan melewati arus listrik dalam arah (polaritas) yang berlawanan di dalam sel. Tiap sel baterai terdiri dari dua macam elektroda yang berlainan, yaitu elektroda positif dan negatif yang dicelupkan dalam suatu larutan kimia.

Proses Pengisian

Secara sederhana, proses pengisian baterai isi ulang adalah dengan memasukkan arus secara terus-menerus pada baterai sehingga tegangan bertambah hingga batas tertentu. Proses pengisian baterai secara berlebihan dapat merusak baterai sehingga umur baterai tidak dapat bertahan lama.

Proses Pengosongan

Secara sederhana, proses pengosongan baterai isi ulang adalah dengan cara menghabiskan arus pada baterai sehingga muatan pada baterai berkurang yang menyebabkan tegangan baterai semakin menurun pada batas tertentu. Untuk jenis baterai NiMH dan NiCd pengosongan baterai tidak boleh di bawah 0.9 *volt* untuk setiap sel baterai.

Metode Pengisian

Kapasitas energi yang disimpan (C) dari sebuah baterai diukur dalam *ampere hours* atau *mA hours*. Pada kebanyakan kasus, *mode trickle charging (slow rate)* dengan laju arus sebesar C/100 hingga C/10 akan menyebabkan baterai selalu dalam kondisi yang baik untuk waktu yang lama sedangkan pada *mode fast charging* dapat menimbulkan panas sehingga gas kimia yang ada pada baterai dapat bereaksi akan menyebabkan baterai akan cepat rusak. *C-Rate* merupakan definisi untuk arus pengisian dan pengosongan baterai isi ulang. *C-Rate* dapat dirumuskan menjadi:

$$C_{Rate} = \frac{C}{1 \text{ Hour}}$$

C = kapasitas baterai dalam *A-hour* atau *mA-hour*.

Sebagai contoh jika sebuah baterai 1000mA-hour akan mempunyai C-Rate sebesar 1000mA, arus penyesuaian untuk 1C adalah 1000mA, arus penyesuaian untuk 0.1C adalah 100mA dan arus penyesuaian untuk 2C adalah 2000mA. Adapun tabel pengisian baterai atau akumulator dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2.2 State of Charge Battery Charging/ Accumulator

STATE OF CHARGE					
	V open circuit	V open circuit	V open circuit	V open circuit	specific gravity
charge	6-V battery	12-V battery	24-V bank	48-V bank	per cell
100%	6.37	12.73	25.46	50.92	1.277
90%	6.31	12.62	25.24	50.48	1.258
80%	6.25	12.50	25.00	50.00	1.238
70%	6.19	12.37	24.74	49.48	1.217
60%	6.12	12.24	24.48	48.96	1.195
50%	6.05	12.10	24.20	48.40	1.172
40%	5.98	11.96	23.92	47.84	1.148
30%	5.91	11.81	23.62	47.24	1.124
20%	5.83	11.66	23.32	46.64	1.098
10%	5.75	11.51	23.02	46.04	1.073

2.6 Inverter [9]

Inverter adalah perangkat elektronika yang digunakan untuk mengubah arus listrik searah (*Direct Current*) menjadi arus listrik bolak balik (*Alternating Current*). *Inverter* mengkonversi tegangan DC dari perangkat seperti baterai, *solar cell*, generator dc atau sumber tegangan lain menjadi tegangan AC. Tegangan DC biasanya yang dipakai adalah 12 V atau 24 V dengan keluaran tegangan AC 220 V seperti tegangan jaringan listrik PLN pada umumnya.

Output suatu *inverter* dapat berupa tegangan AC dengan bentuk gelombang sinus (*sine wave*), sinus modifikasi (*sine wave modified*) dan gelombang kotak (*square wave*). *Inverter* dalam proses konversi tegangan DC menjadi tegangan AC membutuhkan suatu penaik tegangan berupa *step up transformer*.

Sine wave inverter, yaitu *inverter* yang memiliki tegangan *output* dengan bentuk gelombang sinus murni. *Inverter* jenis ini dapat memberikan *supply* tegangan ke beban (induktor) atau motor listrik dengan efisiensi daya yang baik. *Sine wave modified inverter*, yaitu *inverter* dengan *output* berbentuk gelombang kotak yang dimodifikasi sehingga menyerupai gelombang sinus. *Inverter* jenis ini memiliki efisiensi daya yang rendah apabila digunakan untuk menyuplai beban induktor atau motor listrik. *Square wave inverter*, yaitu *inverter* dengan *output* berbentuk gelombang kotak, *inverter* jenis ini tidak dapat digunakan untuk menyuplai tegangan ke beban induktif atau motor listrik.



Gambar 2.14 *Inverter*

Gambar 2.14 merupakan *inverter* yang digunakan pada Tugas Akhir ini, dengan spesifikasi dapat merubah tegangan 12 *volt* DC menjadi 220 *volt* AC, 1000 Watt dan merupakan *pure sine wave inverter*.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

BAB III PERANCANGAN SISTEM

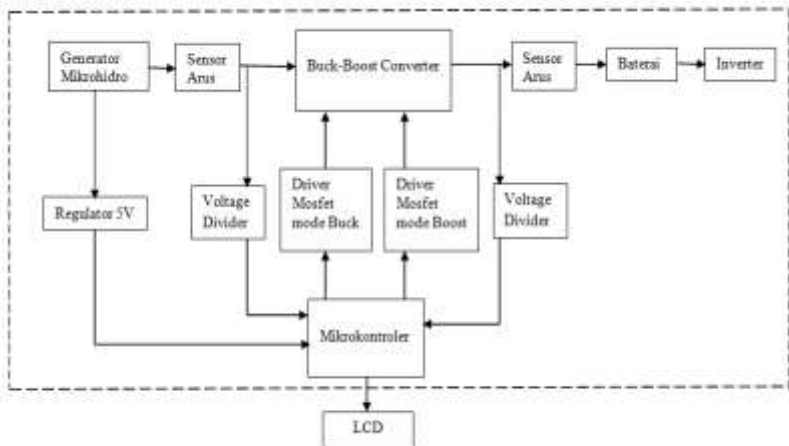
Pada bab ini dibahas mengenai perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Hal tersebut guna mewujudkan Tugas Akhir ini.

Untuk perangkat keras meliputi:

1. Perancangan *box* panel yang didalamnya terdiri dari rangkaian *buck-boost converter*, baterai atau akumulator dan *inverter*.
2. *Setting Port* Mikrokontroler (Arduino UNO).
3. Perancangan *Buck-Boost Converter*.
4. Perancangan *Driver Mosfet*.
5. Perancangan Rangkaian Sensor Tegangan (*Voltage Divider*).
6. Perancangan Rangkaian Sensor Arus (ACS712).

Sedangkan untuk perancangan perangkat lunak (*software*) yang digunakan yaitu dengan menggunakan Arduino IDE kemudian akan dihubungkan ke mikrokontroler Arduino UNO yang digunakan untuk menerima data dari sensor tegangan (*voltage divider*) dan sensor arus (ACS712), dimana dari data tersebut akan diproses oleh mikrokontroler dan hasilnya dikeluarkan berupa pwm yang akan di proses untuk *buck-boost converter*.

3.1 Blok Fungsional Sistem



Gambar 3.1 Blok Fungsional Sistem

Gambar 3.1 menunjukkan blok fungsional sistem dengan penjelasan sebagai berikut, sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) menggunakan generator dc magnet permanen sebagai sumber energi listrik. Tegangan keluaran generator dc magnet permanen tidak stabil maka diperlukan rangkaian dc to dc converter berupa *buck-boost converter* untuk menstabilkan tegangan. Tegangan keluaran generator dc magnet permanen dikontrol agar stabil di 12 volt DC kemudian dialirkan ke *inverter* untuk dikonversikan menjadi tegangan listrik 220 volt AC dengan frekuensi 50 Hz.

Pusat pengendali sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) menggunakan mikrokontroler. Sumber tegangan mikrokontroler berasal dari *power supply switching* 24 volt DC 2 ampere yang kemudian diregulasi dengan dc to dc voltage regulator sehingga menjadi 9 volt DC. Mikrokontroler menghasilkan pwm untuk mengatur switch mosfet pada *buck-boost converter*. Terdapat dua mosfet pada *non-inverting buck-boost converter*, yaitu mosfet untuk *buck* dan mosfet untuk *boost*. Ketika tegangan keluaran generator dc magnet permanen dibawah 12 volt, maka mosfet *mode buck* selalu *ON (close)* dan mosfet *mode boost switching*. Sebaliknya ketika tegangan keluaran generator dc magnet permanen diatas 12 volt, maka mosfet *mode buck switching* dan mosfet *mode boost OFF (open)*.

Voltage divider mengirimkan sinyal ke mikrokontroler untuk mengubah *duty cycle* pwm secara otomatis. Sensor arus mengirim sinyal ke mikrokontroler untuk menunjukkan arus yang mengalir pada sumber dan luaran *buck-boost converter*. Tampilan (*display*) LCD 20x4 digunakan untuk menampilkan tegangan masukan dan keluaran, arus masukan dan keluaran serta pwm *mode buck* dan *boost*.

3.2 Perancangan Penunjang Hardware

Perancangan Penunjang hardware terdiri dari perancangan *box* panel dengan ukuran 60cm x 40cm x 20cm seperti pada Gambar 3.2 yang berisi rangkaian elektronik meliputi rangkaian *buck-boost converter*, rangkaian *voltage divider*, rangkaian sensor arus, baterai atau akumulator dan *inverter*. Perancangan *box* panel dimaksudkan sebagai tempat untuk meletakkan semua rangkaian kelistrikan yang diperlukan agar mempermudah memberikan sumber tenaga listrik serta agar lebih praktis karena berada pada satu tempat yang sama, sehingga apabila terjadi *trouble* akan lebih mudah dalam hal pengecekannya. Selain itu,

perancangan *box* panel bertujuan agar *wiring* kabel dapat tertata rapi sehingga lebih aman dan dapat terkendali.



Gambar 3.2 Desain *Box* Panel

Bagian depan *box* panel dipasang LCD berukuran 20x4 yang berfungsi untuk menampilkan informasi pembacaan tegangan *input*, tegangan *output*, arus *input*, arus *output*, *pwm mode buck* (*pwm1*) dan *pwm mode boost* (*pwm2*). *Voltmeter* dan *amperemeter* analog sebagai indikator besarnya tegangan dan arus yang terukur pada *output* dari rangkaian *buck-boost converter*. Bagian samping dari *box* panel dipasang *jack socket* panel warna merah sebagai *input* positif (+) dari generator dan warna hitam sebagai *input* negatif (-) dari generator dc magnet permanen.

3.3 Perancangan Elektronik

Perancangan elektronik membahas *setting port* mikrokontroler, rangkaian *buck-boost converter*, sensor tegangan (*voltage divider*) serta sensor arus (ACS712).

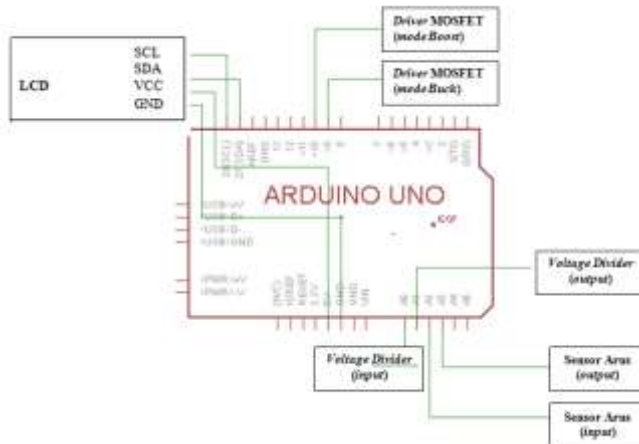
3.3.1 *Setting Port* Mikrokontroler

Mikrokontroler digunakan sebagai pusat kendali sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). Mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino UNO. Arduino UNO adalah sebuah *board*

mikrokontroler didasarkan pada ATmega328P. Memiliki 14 pin *input* dari *output* digital dimana 6 pin *input* tersebut dapat digunakan sebagai *output* pwm dan 6 pin *input* analog, 16 MHz *osilator* kristal, koneksi USB, *jack power*, ICSP *header* dan tombol *reset*. Pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) digunakan beberapa pin mikrokontroler dengan rancangan sesuai pada Tabel 3.1. Adapun *setting port* mikrokontroler yang digunakan untuk Tugas Akhir ini ditunjukkan pada Gambar 3.3.

Tabel 3.1 Konfigurasi *Port* Mikrokontroler

No	Pin Arduino	Keterangan
1	Pin A0	<i>Voltage Divider</i> 1 (<i>input</i>)
2	Pin A1	<i>Voltage Divider</i> 2 (<i>output</i>)
3	Pin A2	Sensor Arus 1 (<i>input</i>)
4	Pin A3	Sensor Arus 2 (<i>output</i>)
5	Pin 9	<i>PWM mode buck</i>
6	Pin 10	<i>PWM mode boost</i>
7	Pin GND, VCC, SDA, SCL	LCD



Gambar 3.3 Skematik *Setting Port* Mikrokontroler

3.3.2 Perancangan *Buck-Boost Converter*

Desain rangkaian *non-inverting buck-boost converter* menggunakan dua mosfet sebagai *switch* dalam menurunkan tegangan (*mode buck*) dan menaikkan tegangan (*mode boost*) melalui pengaturan *duty cycle* pwm yang di hasilkan dari mikrokontroler secara otomatis.

Rangkaian *buck-boost converter* digunakan untuk menstabilkan tegangan keluaran generator dc magnet permanen. Tegangan keluaran yang di harapkan mencapai 12 volt.

Pada perancangan *buck-boost converter* dijelaskan mengenai perhitungan komponen *buck-boost converter* dan rangkaian *buck-boost converter* secara keseluruhan sesuai dengan Tabel 3.2.

A. *Buck-Boost Converter*

Tabel 3.2 Parameter Perhitungan *Buck-Boost Converter* [5]

P (daya)	24 Watt
<i>V_{input}</i> (tegangan <i>input</i> minimal)	9,6 V
<i>V_{input}</i> (tegangan <i>input</i> maksimal)	27 V
<i>V_{output}</i> (tegangan <i>output</i> yang diinginkan)	12 V
<i>Ripple</i> Tegangan <i>Output</i>	1%
<i>Ripple</i> Arus Induktor	10%
<i>I_o</i>	2 A
Rbeban	12 Ω

Berikut perhitungan untuk menentukan nilai dari komponen-komponen yang digunakan :

1. Perhitungan dengan *input* 9,6 volt

a. Menentukan nilai *duty cycle*

$$V_o = \frac{1}{(1-D)} V_i \dots\dots\dots (3.1)$$

$$12 = \frac{1}{1-D} 9,6$$

$$D = 0,2$$

b. Menentukan nilai induktor

$$I_o = I_c = 2 \text{ A}$$

$$I_l = I_o + I_i = 2 + 2 = 4 \text{ A}$$

$$L = \frac{V_i \times D}{\Delta I_{lpp} \times f_{sw}} \dots\dots\dots (3.2)$$

$$= \frac{9,6 \times 0,2}{0,1 \times 4 \times 15000}$$

$$= 320 \mu H$$

- c. Menentukan nilai kapasitor

$$C = \frac{I_o \times D}{\Delta V_{C_{pp}} \times f_{sw}} \dots\dots\dots (3.3)$$

$$= \frac{2 \times 0,2}{0,01 \times 12 \times 15000}$$

$$= 222 \mu F$$

2. Perhitungan dengan *input 27 volt*

- a. Menentukan nilai *duty cycle*

$$D = \frac{V_o}{V_i} \dots\dots\dots (3.4)$$

$$D = \frac{12}{27}$$

$$D = 0,44$$

- b. Menentukan nilai induktor

$$L = \frac{V_o (1-D)}{\Delta I_{L_{pp}} \times f_{sw}} \dots\dots\dots (3.5)$$

$$= \frac{12(1 - 0,44)}{0,1 \times 2 \times 15000}$$

$$= 2240 \mu H$$

- c. Menentukan nilai kapasitor

$$C = \frac{\Delta I_{L_{pp}}}{8 \times \Delta V_{C_{pp}} \times f_{sw}} \dots\dots\dots (3.6)$$

$$= \frac{0,1 \times 2}{8 \times 12 \times 0,01 \times 15000}$$

$$= 13 \mu F$$

Dari perhitungan *buck-boost converter* dipilih nilai induktor terkecil 320 *mikroHenry* dan nilai kapasitor terbesar 222 *mikroFarad*.

B. Rancangan Keseluruhan *Buck-Boost Converter* pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)

Rancangan keseluruhan rangkaian *Buck-Boost Converter* pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) memiliki spesifikasi:

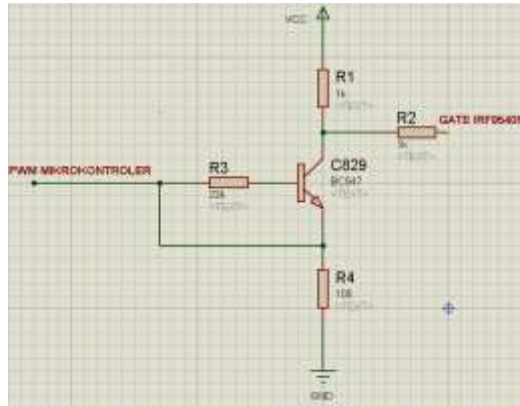
- Sumber tegangan (generator dc magnet permanen) = 9,6 – 27 volt.
- Mikrokontroler Atmega 328P (Arduino UNO).
- Induktor (L) = 320 mikroHenry.
- Kapasitor (C) = 222 mikroFarad 100 volt.
- *Driver* mosfet yang digunakan adalah Transistor C829 untuk *mode buck* dan TLP250 untuk *mode boost*.
- Mosfet yang digunakan sebagai *switch buck* yaitu IRF9540N dan sebagai *switch boost* yaitu IRFP460.
- Sensor Arus yang digunakan yaitu ACS712.
- Sensor Tegangan yang digunakan yaitu *voltage divider* dengan perbandingan nilai antara $R_1 = 22k\Omega$ dan $R_2 = 5k\Omega$.
- R BEBAN = 12 Ω 20 Watt.

3.3.3 Perancangan *Driver Mosfet* [10]

Rangkaian *driver* mosfet merupakan rangkaian yang digunakan untuk menghubungkan rangkaian kontrol dengan mosfet, sehingga rangkaian kontrol dapat berfungsi dengan baik. Fungsi utama dari *driver* mosfet adalah untuk dapat mengoperasikan mosfet dari keadaan *OFF* ke *ON* atau bahkan sebaliknya. Pada Tugas Akhir ini, rangkaian *driver* mosfet yang digunakan ada 2 yaitu Transistor 2SC829 dan TLP250.

Transistor 2SC829 merupakan transistor tipe NPN dengan frekuensi tinggi yang berfungsi sebagai *switching mode buck* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.4. Transistor 2SC829 mempunyai 3 kaki yang disebut elektroda, yaitu terdiri dari *basis*, *collector* dan *emitter*. Adapun spesifikasi dari Transistor 2SC829 sebagai berikut :

- | | |
|---|----------|
| • <i>Collector to base voltage</i> (V_{CBO}) | : 30 V |
| • <i>Collector to emitter voltage</i> (V_{CEO}) | : 20 V |
| • <i>Emitter to base voltage</i> (V_{EBO}) | : 5 V |
| • <i>Collector Current</i> (I_C) | : 30 mA |
| • <i>Collector Power Dissipation</i> (P_C) | : 400 mW |

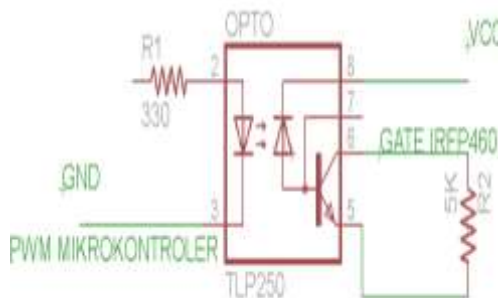


Gambar 3.4 Rangkaian *Driver Mosfet Mode Buck*

Kaki *collector* transistor 2CS829 disambungkan dengan *gate* IRF9540N, *emitter* disambungkan pada *ground* dan *basis* disambungkan pada pin *pwm* mikrokontroler.

Driver mosfet yang digunakan sebagai *switching mode boost* adalah IC *optocoupler* TLP250 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.5. IC *optocoupler* TLP250 sudah dilengkapi dengan rangkaian penguat. Spesifikasi TLP250 sebagai berikut :

- *Input threshold current* (I_F) : 5mA (max.)
- *Supply current* (I_{CC}) : 11mA (max.)
- *Supply voltage* (V_{CC}) : 10–35V
- *Output current* (I_O) : ± 1.5 A (max.)
- *Switching time* (t_{pLH}/t_{pHL}) : 1.5 μ s (max.)
- *Isolation voltage* : 2500Vrms (min.)

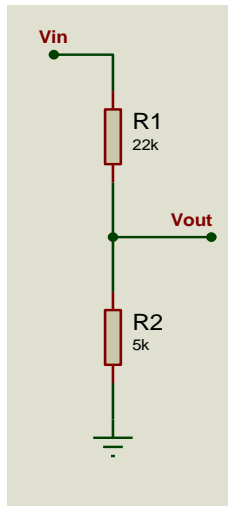


Gambar 3.5 Rangkaian *Driver Mosfet Mode Boost*

Pin 2 disambungkan dengan mikrokontroler untuk dibangkitkan sinyal pwm, pin 3 disambungkan pada *ground* mikrokontroler, pin 6 disambungkan pada *gate* mosfet IRFP460 dan pin 8 disambungkan pada *Vcc 12 volt*.

3.3.4 Perancangan Rangkaian Sensor Tegangan [11]

Sensor tegangan yang digunakan adalah rangkaian pembagi tegangan (*voltage divider*). Rangkaian pembagi tegangan berfungsi sebagai konversi tegangan dari generator dc magnet permanen. Tegangan *output* yang dihasilkan generator dc magnet permanen adalah 9,6 sampai 27 *volt*, sedangkan tegangan yang dimasukkan pada mikrokontroler 0 sampai 5 *volt*. Tegangan *input* sensor merupakan besarnya tegangan yang ingin diukur. Sedangkan tegangan *output* sensor merupakan hasil keluaran dari rangkaian pembagi tegangan yang masuk pada ADC mikrokontroler. Besarnya tegangan maksimal yang akan diukur adalah 27 *volt* sedangkan tegangan untuk masukan ADC mikrokontroler maksimal 5 *volt*.



Gambar 3.6 Rangkaian Pembagi Tegangan

Perhitungan rangkaian pembagi tegangan seperti pada Gambar 3.6 adalah sebagai berikut :

$$V_o = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \times V_i \dots \dots \dots (3.7)$$

Misalkan $R_2 = 22 \text{ k}\Omega$

$V_{out} = 5 \text{ volt}$ ($V_{mikrokontroler}$)

$V_{in} = 27 \text{ volt}$ (V_{input} dari generator dc magnet permanen)

$$5 = \frac{R_1}{R_1 + 22 \text{ k}\Omega} \times 27$$

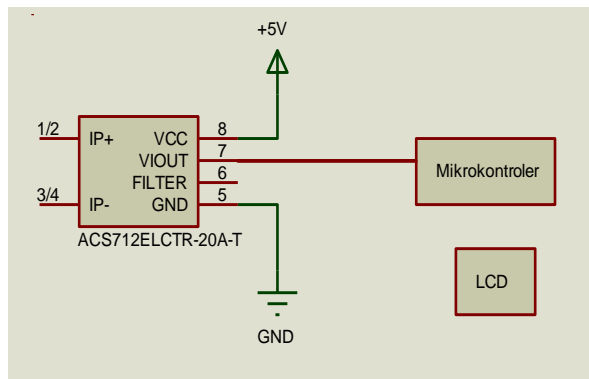
$$5R_1 + 110 \text{ k} = 27R_1$$

$$22 R_1 = 110 \text{ k}$$

$$R_1 = 5 \text{ k}\Omega$$

Jadi dalam rangkaian *voltage divider* digunakan 2 resistor yaitu resistor $22 \text{ k}\Omega$ dan resistor $5 \text{ k}\Omega$.

3.3.5 Perancangan Rangkaian Sensor Arus [12]



Gambar 3.7 Rangkaian Sensor Arus

Sensor arus yang digunakan adalah ACS712 seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3.7. Pin IP+ dan IP- terhubung pada *input*. Sensor arus dicatu oleh tegangan 5V yang terhubung ke Vcc. Keluaran sensor arus Vout terhubung ke pin ADC mikrokontroler. Sensor arus ini digunakan untuk membaca besarnya arus baik pada sisi *input* maupun *output* pada rangkaian *buck-boost converter*. Pada *datasheet* ACS712 dapat dilihat bahwa hasil pembacaan sensor arus berupa tegangan DC

dengan kondisi awal (arus *input* = 0) sama dengan 2,5 volt. Pada Tugas Akhir ini digunakan dua buah sensor arus ACS-712 ELCTR-20AT dengan rating pembacaan arus maksimal 20 *ampere*.

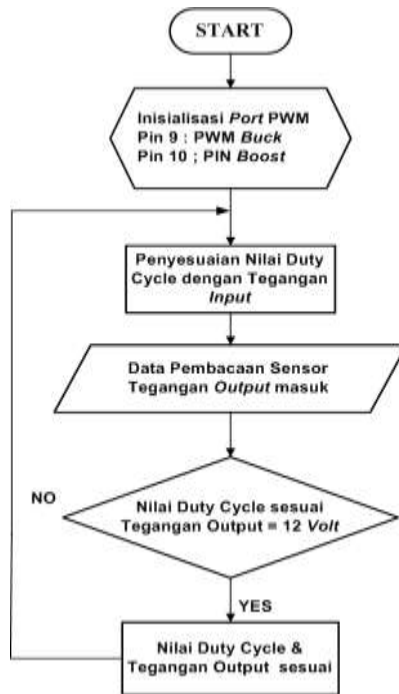
3.4 Perancangan Perangkat Lunak (Software)

Pada bab ini dibahas perancangan program untuk pembangkitan sinyal pwm, perancangan program pembacaan sensor tegangan, perancangan program pembacaan sensor arus dan perancangan program keseluruhan *buck-boost converter* pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). Simbol *flowchart* yang digunakan berdasarkan *Standart ECMA-4 (European Computer Manufacturers Association)*.

3.4.1 Perancangan Program Pembangkitan PWM

Pulse Width Modulation (PWM) merupakan parameter yang penting agar rangkaian *buck- boost converter* dapat bekerja sesuai dengan fungsinya. PWM merupakan suatu metode pengaturan tegangan dengan mengubah atau mengatur periode *ON* (t_{ON}) pada tegangan berfrekuensi dengan periode frekuensi yang tetap atau sama. Dengan mikrokontroler, nilai frekuensi dan *duty cycle* untuk pwm dapat diatur sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan. Mikrokontroler yang digunakan adalah Atmega328P (Arduino UNO R3).

Rangkaian *buck- boost converter* pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) menggunakan pembangkitan pwm dengan resolusi 8 bit, maka variasi perubahan pwm sebanyak $2^8 = 256$ yaitu variasi mulai 0 – 255 perubahan nilai. Untuk mengatur nilai *duty cycle*, dapat diatur nilai pembandingnya (*compare*) mulai 0 berarti 0% hingga 255 berarti 100%.

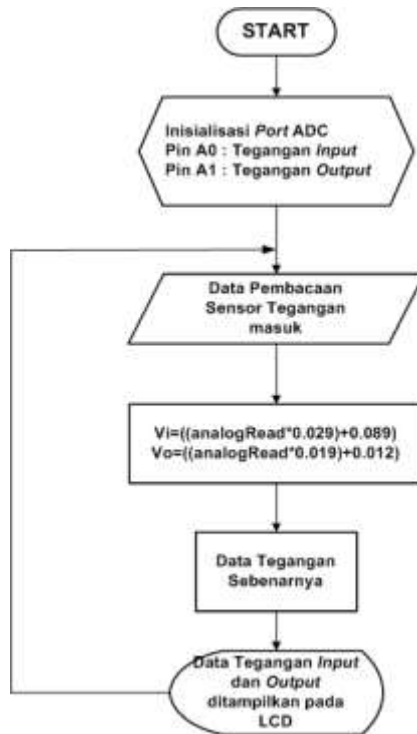


Gambar 3.8 Flowchart Pembangkitan PWM

Penjelasan *flowchart* berdasarkan Gambar 3.8 adalah sebagai berikut:

1. *Start* adalah ketika program dimulai.
2. Inisialisasi pin pwm, pin 9 digunakan untuk *pwm mode buck*, pin 10 digunakan untuk *pwm mode boost*.
3. *Duty cycle* akan menyesuaikan dari perubahan tegangan *input* dan akan mengatur agar tegangan *output* stabil pada 12 volt.
4. Apabila tegangan *output* belum sesuai dengan *duty cycle*, maka akan kembali ke sistem awal dimana Arduino akan menyesuaikan *duty cycle* sesuai dengan perubahan tegangan *input* yang akan menstabilkan tegangan *output* di 12 volt.

3.4.2 Perancangan Program Pembacaan Sensor Tegangan

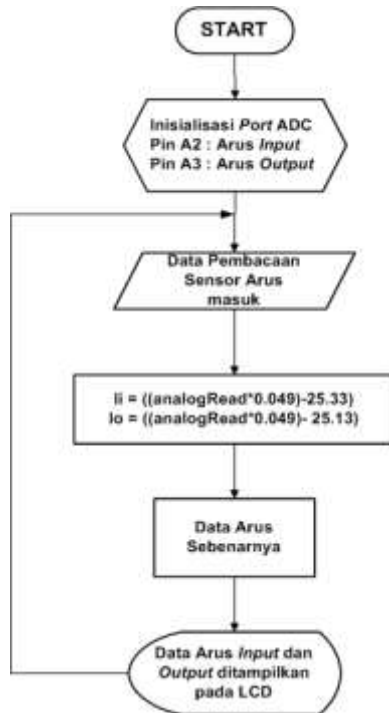


Gambar 3.9 Flowchart Pembacaan Sensor Tegangan

Penjelasan *flowchart* berdasarkan Gambar 3.9 adalah sebagai berikut:

1. *Start* adalah ketika program dimulai.
2. Inisialisasi pin ADC mikrokontroler, sensor tegangan *input* dibaca di pin A0, sensor tegangan *output* dibaca di pin A1.
3. Data yang masuk pada *port* ADC berupa tegangan dengan *range* 1-5 volt kemudian dikonversi ke tegangan sebenarnya.
4. Data tegangan *input* dan *output* yang sudah di konversi akan ditampilkan pada LCD.

3.4.3 Perancangan Program Pembacaan Sensor Arus



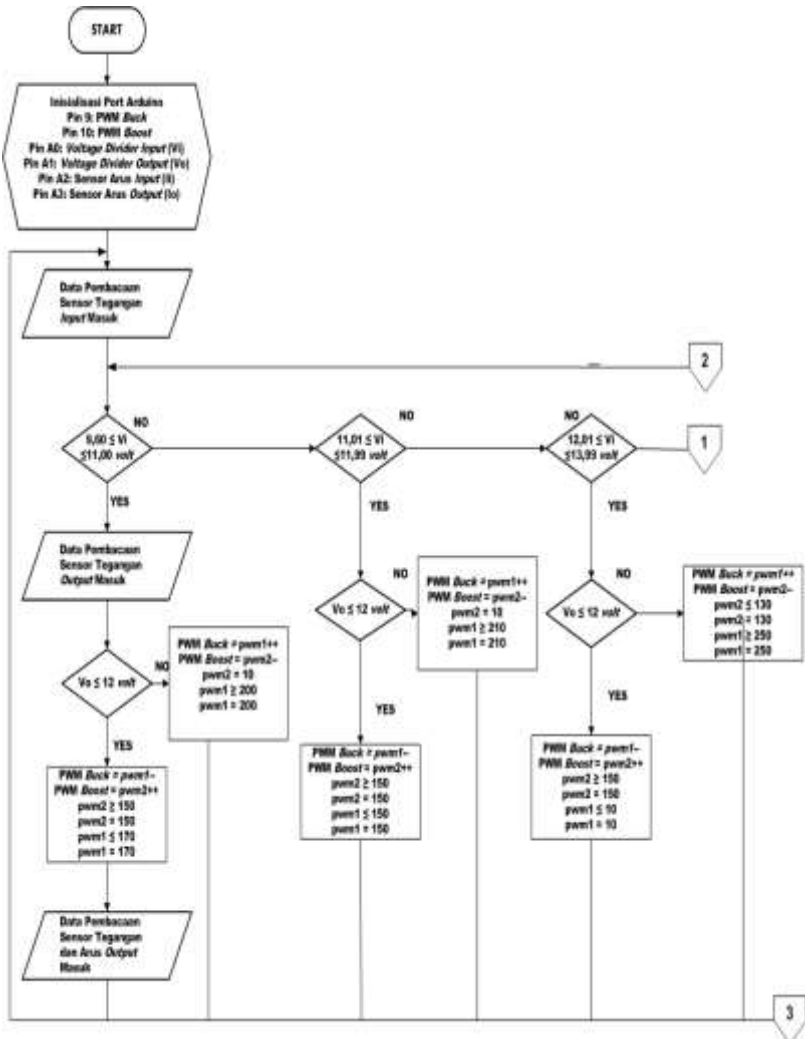
Gambar 3.10 Flowchart Program Pembacaan Sensor Arus

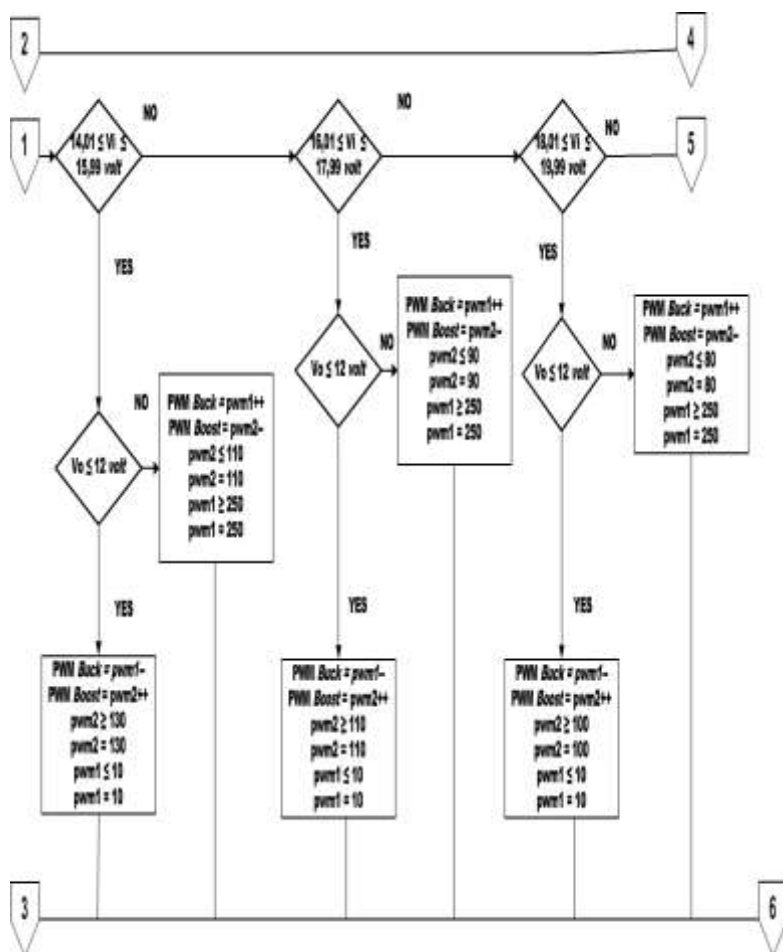
Penjelasan *flowchart* berdasarkan Gambar 3.10 adalah sebagai berikut:

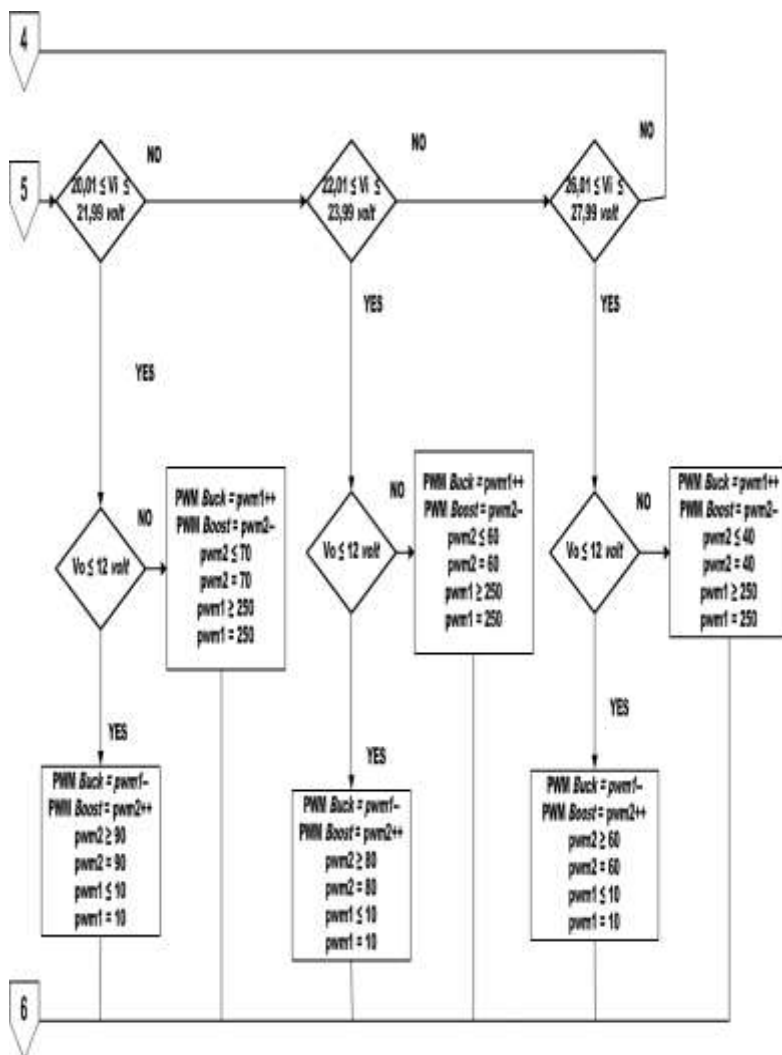
1. *Start* adalah ketika program dimulai.
2. Inisialisasi pin ADC mikrokontroler, sensor arus *input* dibaca di pin A2 dan sensor arus *output* dibaca di pin A3
3. Data yang masuk pada port ADC berupa tegangan. Ketika mendapat arus *input* 0 maka terbaca 2,5 volt. Sensor arus memiliki resolusi 100mV/Ampere.
4. Data arus *input* dan *output* ditampilkan pada LCD.

3.4.4 Perancangan Program Keseluruhan

Program keseluruhan merupakan penggabungan dari semua komponen yang digunakan mulai dari pengukuran tegangan yang dihasilkan generator dc magnet permanen pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH), penggunaan *buck-boost converter* serta pembacaan sensor tegangan dan sensor arus yang digunakan.







Gambar 3.11 Flowchart Program Keseluruhan Buck-Boost Converter pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)

Penjelasan *flowchart* berdasarkan Gambar 3.11 adalah sebagai berikut:

1. Start adalah ketika program dimulai.
2. Inisialisasi *port* ADC sebagai *pwm mode buck* pada pin 9, *pwm mode boost* pada pin 10, pembaca sensor tegangan *input* pada pin A0, sensor tegangan *output* pada pin A1, sensor arus *input* pada A2 dan sensor arus *output* pada A3.
3. Data pembacaan sensor tegangan dan sensor arus masuk ke dalam mikrokontroler untuk diproses.
4. Jika tegangan keluaran generator dc magnet permanen lebih besar dari sama dengan 9,60 sampai dengan kurang dari sama dengan 11,00 *volt*, maka PWM_Buck akan ON dan PWM_Boost akan *switching* agar tegangan keluaran *buck-boost converter* stabil dilevel 12,00 *volt (Boost Mode)*.
5. Jika tegangan keluaran generator dc magnet permanen lebih besar dari sama dengan 11,01 sampai dengan kurang dari sama dengan 11,99 *volt*, maka PWM_Buck dan PWM_Boost akan *switching* agar tegangan keluaran *buck-boost converter* stabil dilevel 12,00 *volt (Buck-Boost Mode)*.
6. Jika tegangan keluaran generator dc magnet permanen lebih besar dari sama dengan 12,01 sampai dengan kurang dari sama dengan 27,00 *volt*, maka PWM_Buck akan *switching* dan PWM_Boost akan OFF agar tegangan keluaran *buck-boost converter* stabil dilevel 12,00 *volt (Buck Mode)*.

BAB IV

PENGUJIAN DAN ANALISA

Pada bab ini membahas tentang pengukuran dan analisa sistem yang telah dibuat. Pengujian sistem yang dilakukan merupakan pengujian terhadap perangkat keras dan perangkat lunak dari sistem secara keseluruhan yang telah selesai dibuat untuk memastikan agar komponen-komponen sistem yang akan digunakan dapat berfungsi dengan baik sehingga akan bekerja secara optimal. Pengukuran dan analisa *Buck-Boost Converter* pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) meliputi:

1. Pengujian Tegangan *Output* Mikrokontroler
2. Pengujian *Liquid Crystal Display* (LCD)
3. Pengujian *Buck-Boost Converter*
4. Pengujian Sensor Tegangan
5. Pengujian Sensor Arus
6. Pengujian Keseluruhan

4.1 Pengujian Tegangan *Output* Mikrokontroler

Mikrokontroler yang digunakan dalam Tugas Akhir ini yaitu menggunakan ATmega328P (Arduino UNO). Untuk mengetahui pin yang terdapat pada mikrokontroler dapat digunakan dan tegangan yang dikeluarkan sesuai dengan *datasheet*, perlu dilakukan pengukuran pada tegangan *output* mikrokontroler. Pengukuran dilakukan dengan cara mengukur tegangan pada setiap pin mikrokontroler ATmega328P yang telah dipasang pada *board* Arduino UNO. Langkah pertama yaitu program di *upload* dari laptop ke mikrokontroler ATmega328P. Mengukur setiap pin pada *board* Arduino dengan program uji coba mikrokontroler dalam keadaan *high voltage* dan *low voltage*. Setelah program di *upload* maka pengukuran dilakukan pada saat tegangan dalam posisi *high voltage* dan *low voltage*. Tegangan *input* yang digunakan bersumber dari *USB* laptop yaitu sebesar +5 V.

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Tegangan pada Setiap Pin Mikrokontroler.

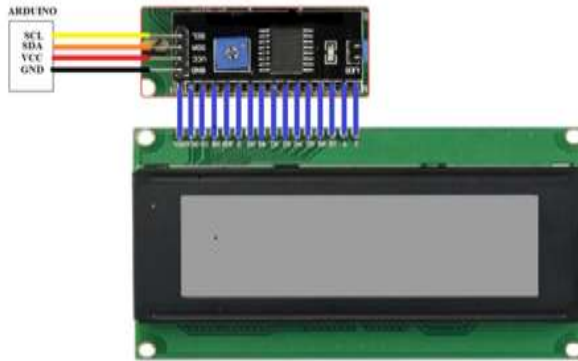
Pin	High (volt)	Low (volt)
A0	4,96	0
A1	4,96	0
A2	4,96	0
A3	4,96	0
A4	4,96	0
A5	4,96	0
Rata- Rata	4,96	0

Pin	High (volt)	Low (volt)
0	4,96	0
1	4,96	0
2	4,96	0
3	4,96	0
4	4,96	0
5	4,96	0
6	4,96	0
7	4,96	0
8	4,96	0
9	4,96	0
10	4,96	0
11	4,96	0
12	4,96	0
13	4,96	0
Rata - Rata	4,96	0

Dilihat dari data hasil pengukuran pada Tabel 4.1, mikrokontroler (ATMega328P) apabila mendapat logika 1 maka tegangan *output* sebesar 4,96 volt dan saat mendapat logika 0 maka tegangan *output* sebesar 0 volt. Hal ini berarti Mikrokontroler ATMega328P yang akan dipakai dalam kondisi bagus dan dapat digunakan sesuai kebutuhan.

4.2 Pengujian *Liquid Crystal Display* (LCD)

Pengujian LCD ini bertujuan agar dapat diketahui *liquid crystal display* (LCD) yang digunakan bisa berfungsi dengan baik. Pada Tugas Akhir ini menggunakan *multiplexer* I2C yang dihubungkan dengan LCD. Pin SDA pada *multiplexer* dihubungkan ke pin SDA pada Arduino UNO, sedangkan pin SCL pada *multiplexer* dihubungkan dengan pin SCL pada Arduino UNO. Seperti rangkaian pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Rangkaian Pengujian LCD

Maka hasil dari pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.2. Dengan pengujian, dapat dipastikan bahwa rangkaian LCD dapat digunakan dengan baik pada Tugas Akhir ini.



Gambar 4.2 Hasil Pengujian LCD

4.3 Pengujian Nilai *Duty Cycle*

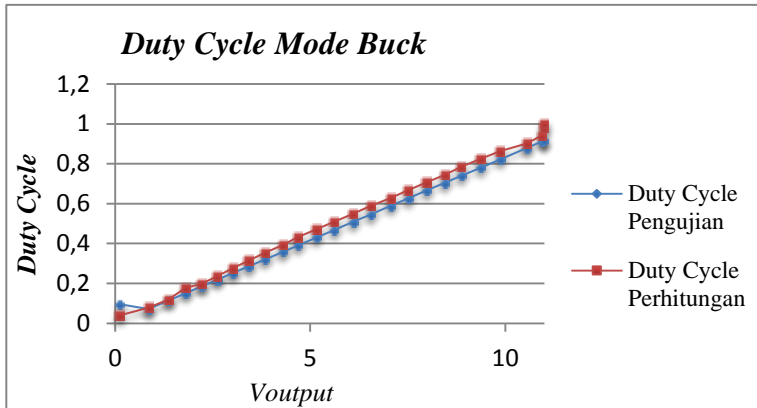
Pengujian nilai *duty cycle* digunakan untuk mengetahui perbandingan nilai *duty cycle* pada pengujian dengan hasil perhitungan. Saat tegangan *input* dibawah 12 volt, perhitungan *duty cycle* menggunakan rumus *boost*. Ketika tegangan *input* diatas 12 volt, perhitungan *duty cycle* menggunakan rumus *buck*.

Rumus menentukan *duty cycle mode buck* :

$$D = \frac{V_o}{V_i}$$

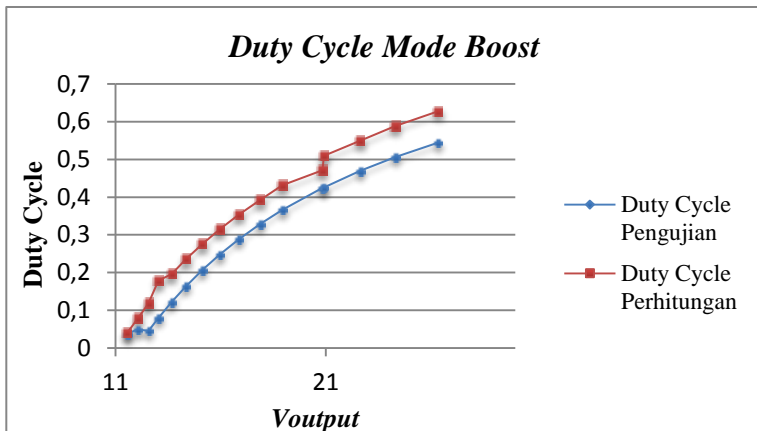
Rumus menentukan *duty cycle mode boost* :

$$D = \frac{V_i - V_o}{V_o}$$



Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Nilai *Duty Cycle* Pengujian dan Perhitungan dengan Tegangan *Output* (V_o) pada *Mode Buck*

Data hasil pengujian dari perbandingan nilai *duty cycle* pengujian dan perhitungan dengan tegangan *output* (V_o) pada *mode buck* berdasarkan dengan tabel 4.2 yang terdapat pada Lampiran A.



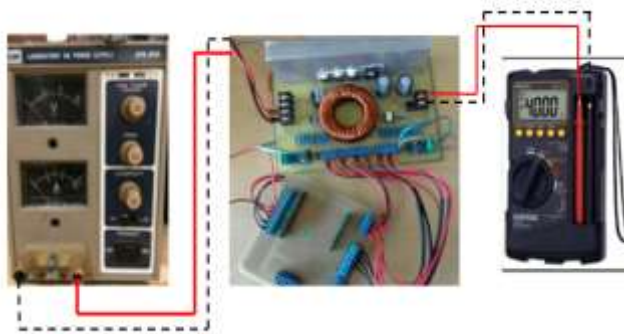
Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Nilai *Duty Cycle* Pengujian dan Perhitungan dengan Tegangan *Output* (V_o) pada *Mode Boost*

Gambar 4.3 merupakan grafik perbandingan V_{out} dan $duty\ cycle$ saat *mode buck*, dapat dilihat bahwa semakin besar V_{out} maka semakin kecil $duty\ cycle$. Gambar 4.4 merupakan grafik perbandingan V_{out} dan $duty\ cycle$ saat *mode boost*. Kenaikan nilai $duty\ cycle$ berbanding lurus dengan kenaikan nilai tegangan $output$ (V_o), semakin besar nilai V_{out} maka semakin besar nilai $duty\ cycle$ dan sebaliknya.

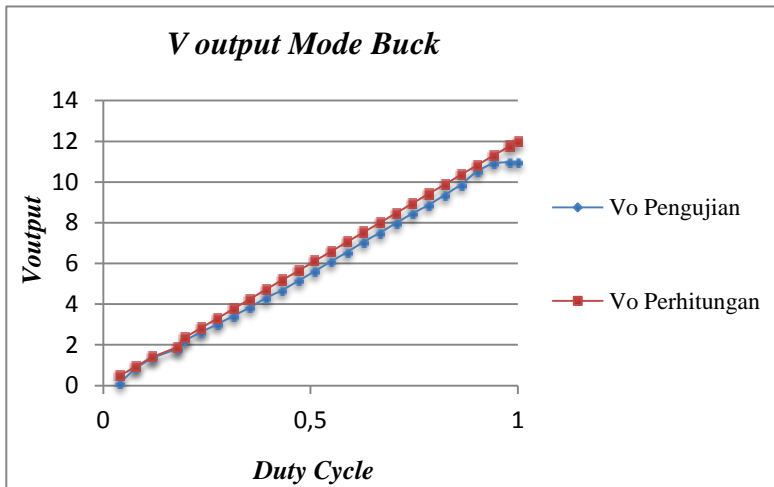
Data hasil pengujian dari perbandingan nilai $duty\ cycle$ pengujian dan perhitungan dengan tegangan $output$ (V_o) pada *mode boost* berdasarkan dengan tabel 4.3 yang terdapat pada Lampiran A.

4.3 Pengujian Tegangan Output Buck-Boost Converter Mode Buck

Tahap pertama pengujian *buck-boost converter* adalah pengujian tegangan $output$ yang dihasilkan *buck-boost converter* menggunakan input dari *power supply variable* pada *mode buck* seperti pada Gambar 4.5. Dalam pengujian kali ini menggunakan 2 tahap yaitu, pertama menggunakan nilai V_{input} yang tetap pada tegangan 12 volt namun dengan nilai $duty\ cycle$ yang berubah-ubah dan tahap kedua yaitu dengan mengubah nilai V_{input} namun nilai $duty\ cycle$ tetap pada nilai 1.



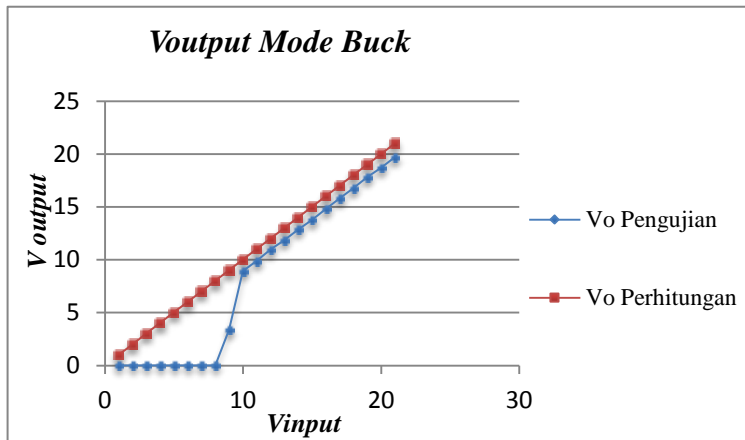
Gambar 4.5 Rangkaian Pengujian Buck-Boost Converter Mode Buck



Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Nilai *Duty Cycle* dan Tegangan *Output* (V_o) saat Pengujian dengan Perhitungan pada *Mode Buck*

Pada Gambar 4.6 dapat dilihat perbedaan tegangan *output* saat pengujian dan tegangan *output* perhitungan tidaklah jauh berbeda. Dapat disimpulkan hasil perhitungan dengan hasil pengujian hampir sama, eror yang terjadi sebesar 0,064%.

Data hasil pengujian dari perbandingan nilai *duty cycle* dan tegangan *output* (V_o) saat pengujian dengan perhitungan pada *mode buck* berdasarkan dengan tabel 4.4 yang terdapat pada Lampiran A.



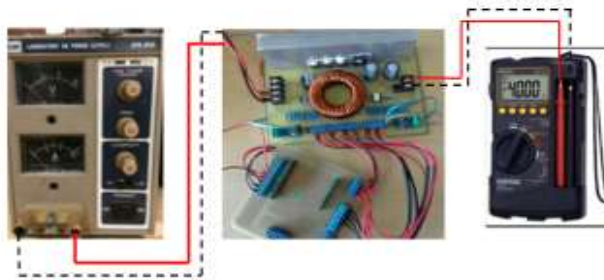
Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Nilai Tegangan *Input* (V_i) dan Tegangan *Output* (V_o) saat Pengujian dengan Perhitungan pada *Mode Buck*

Pada Gambar 4.7 dapat dilihat perbedaan tegangan *output* saat pengujian dan tegangan *output* perhitungan memiliki perbedaan yang signifikan pada V_{input} 0-7 volt. Dapat disimpulkan hasil perhitungan dengan hasil pengujian hampir sama namun masih terdapat beberapa perbedaan, sehingga error yang terjadi sebesar 0,241%.

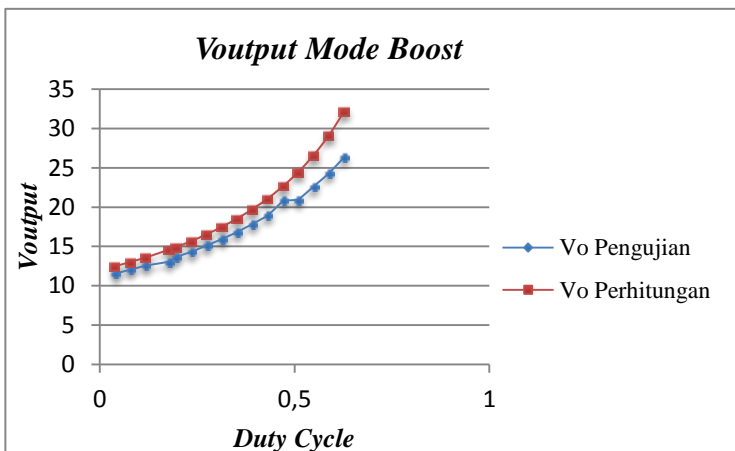
Data hasil pengujian dari perbandingan nilai tegangan *input* (V_i) dan tegangan *output* (V_o) saat pengujian dengan perhitungan pada *mode buck* berdasarkan dengan tabel 4.5 yang terdapat pada Lampiran A.

4.4 Pengujian Tegangan *Output Buck Boost Converter Mode Boost*

Tahap kedua pengujian *buck-boost converter* adalah pengujian tegangan *output* yang dihasilkan *buck-boost converter* menggunakan input dari *power supply variable* pada *mode boost* seperti pada Gambar 4.8. Dalam pengujian kali ini menggunakan 2 tahap yaitu, pertama menggunakan nilai V_{input} yang tetap pada tegangan 12 volt namun dengan nilai *duty cycle* yang berubah-ubah dan tahap kedua yaitu dengan mengubah nilai V_{input} namun nilai *duty cycle* tetap pada nilai 0,49.



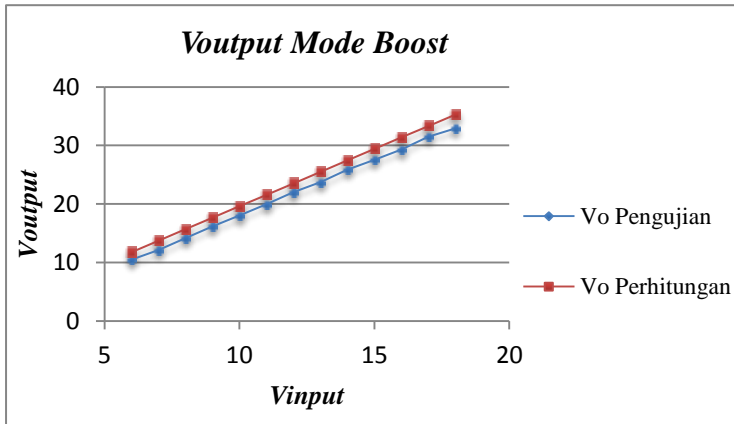
Gambar 4.8 Rangkaian Pengujian *Buck-Boost Converter Mode Boost*



Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Nilai *Duty Cycle* dan Tegangan *Output* (V_o) saat Pengujian dengan Perhitungan pada *Mode Boost*

Pada Gambar 4.9 dapat dilihat perbedaan tegangan *output* saat pengujian dan tegangan *output* perhitungan memiliki perbedaan yang signifikan yaitu terpaut 1-6 volt. Dapat disimpulkan hasil perhitungan dengan hasil pengujian tidak sama, sehingga eror yang terjadi sebesar 0,114% dan diperlukan pengujian ulang.

Data hasil pengujian dari perbandingan nilai *duty cycle* dan tegangan *output* (V_o) saat pengujian dengan perhitungan pada *mode boost* berdasarkan dengan tabel 4.6 yang terdapat pada Lampiran A.



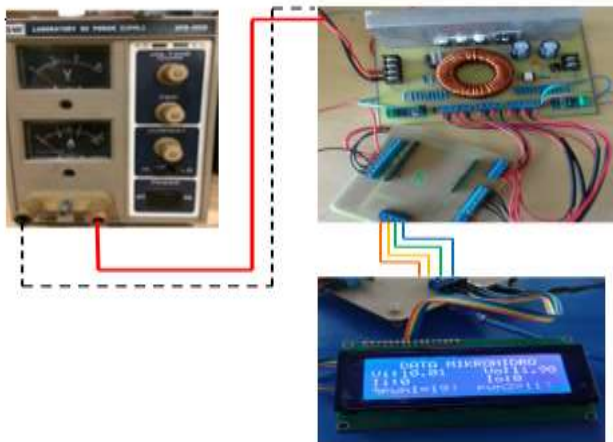
Gambar 4.10 Grafik Perbandingan Nilai Tegangan *Input* (V_i) dan Tegangan *Output* (V_o) saat Pengujian dengan Perhitungan pada *Mode Boost*

Pada Gambar 4.10 dapat dilihat perbedaan tegangan *output* saat pengujian dan tegangan *output* perhitungan tidaklah jauh berbeda. Dapat disimpulkan hasil perhitungan dengan hasil pengujian hampir sama, eror yang terjadi sebesar 0,071%.

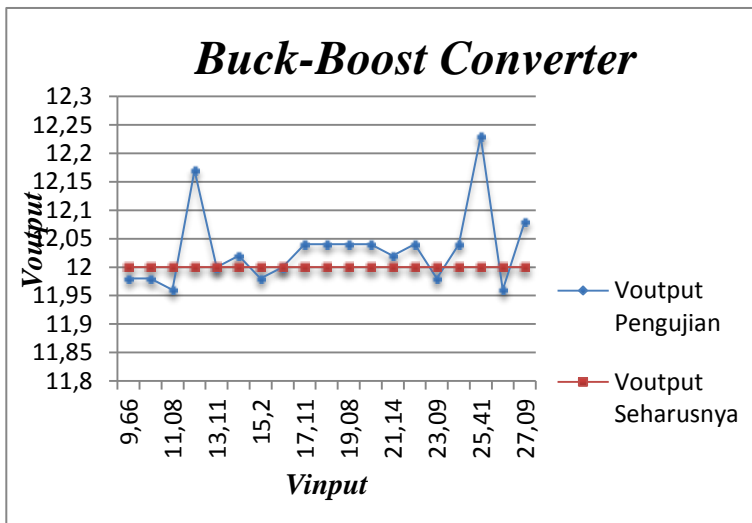
Data hasil pengujian dari perbandingan nilai tegangan *input* (V_i) dan tegangan *output* (V_o) saat pengujian dengan perhitungan pada *mode boost* berdasarkan dengan tabel 4.7 yang terdapat pada Lampiran A.

4.5 Pengujian Tegangan *Output Buck- Boost Converter*

Tahap ketiga pengujian *buck-boost converter* adalah pengujian tegangan *output* yang dihasilkan *buck-boost converter* menggunakan input dari *power supply variable* seperti pada Gambar 4.11. Tegangan *output* yang diharapkan yaitu stabil pada tegangan 12 volt.



Gambar 4.11 Rangkaian Pengujian *Buck-Boost Converter*



Gambar 4.12 Grafik Perbandingan Nilai Tegangan *Input* (V_i) dan Tegangan *Output* (V_o) saat Pengujian dengan Tegangan *Output* (V_o) seharusnya

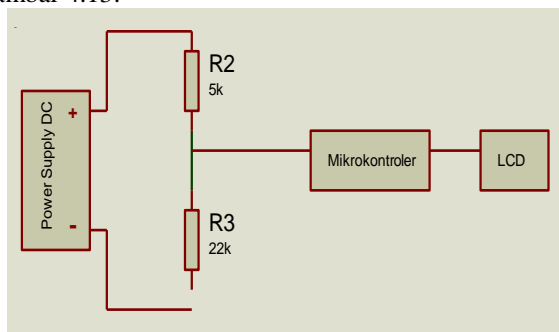
Pada Gambar 4.12 dapat dilihat perbedaan tegangan *output buck-boost converter* saat pengujian dengan tegangan *output* seharusnya tidaklah jauh berbeda. Dapat disimpulkan hasil perhitungan *buck-boost converter* dengan hasil pengujian hampir sama, eror yang terjadi sebesar 0,004%.

Data hasil pengujian dari perbandingan nilai tegangan *input* (V_i) dan tegangan *output* (V_o) saat pengujian dengan tegangan *output* (V_o) seharusnya berdasarkan dengan tabel 4.8 yang terdapat pada Lampiran A.

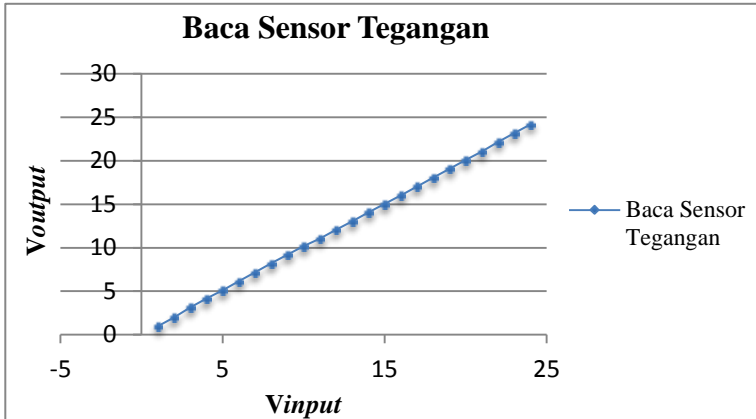
4.6 Pengujian Sensor Tegangan (*Voltage Divider*)

Sensor tegangan menggunakan rangkaian *voltage divider*. Pengujian *voltage divider* bertujuan untuk mengambil data tegangan yang terbaca oleh rangkaian *voltage divider*. Pengujian *voltage divider* menggunakan fasilitas ADC pada mikrokontroler, tegangan *output* pada rangkaian pembagi tegangan ditampilkan pada LCD.

Pengujian sensor tegangan dilakukan dengan menyambungkan *input* rangkaian pembagi tegangan dengan *power supply variable*. Tegangan yang keluar dari *power supply* diatur dengan menggunakan potensiometer. Tegangan *output* yang terukur dimunculkan pada LCD seperti Gambar 4.13.



Gambar 4.13 Rangkaian Pengujian Sensor Tegangan (*Voltage Divider*)



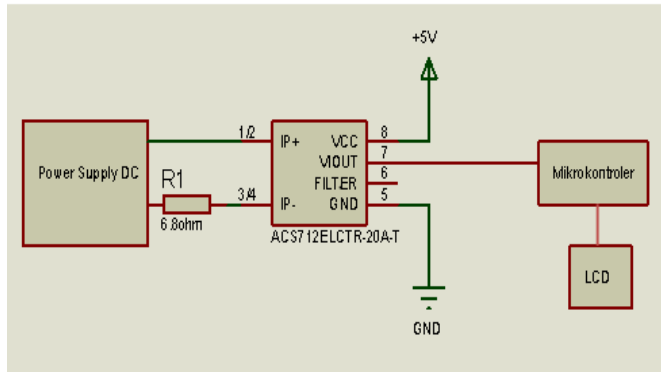
Gambar 4.14 Grafik Perbandingan Nilai Tegangan *Input* (V_i) dan Tegangan *Output* (V_o) hasil Pembacaan Sensor Tegangan (*Voltage Divider*)

Berdasarkan Gambar 4.14 didapatkan nilai tegangan *input* dan nilai tegangan *output* sensor yang terukur hampir sama. Terdapat eror atau kesalahan dalam sistem sebesar 0,006%.

Data hasil pengujian dari perbandingan nilai tegangan *input* (V_i) dan tegangan *output* (V_o) hasil pembacaan sensor tegangan (*voltage divider*) berdasarkan dengan tabel 4.9 yang terdapat pada Lampiran A.

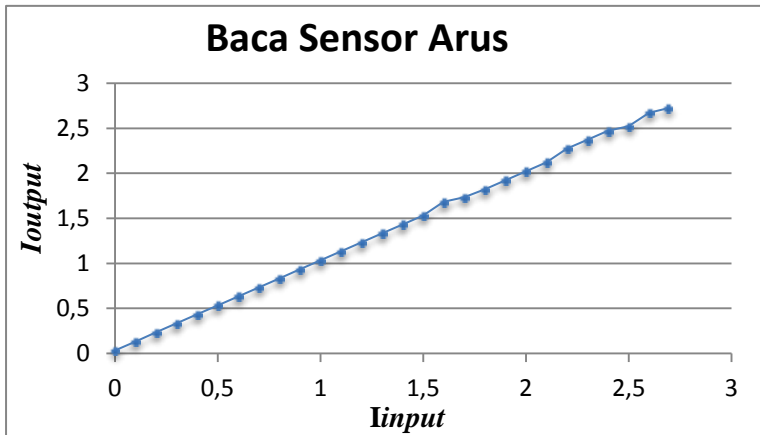
4.7 Pengujian Sensor Arus (ACS712)

Sensor arus yang digunakan adalah ACS 712. Pengujian sensor arus seperti pada Gambar 4.15 bertujuan untuk mengambil data arus yang terbaca oleh sensor arus.



Gambar 4.15 Rangkaian Pengujian Sensor Arus (ACS712)

Pada pengujian diberikan beban berupa resistor $6,8 \, \Omega$ dan dihubungkan pada mikrokontroler sebagai pengendali. Sumber tegangan yang digunakan adalah *power supply variable*. Untuk menguji besarnya arus yang terukur oleh sensor arus, dialirkan tegangan *input* yang berbeda beda.



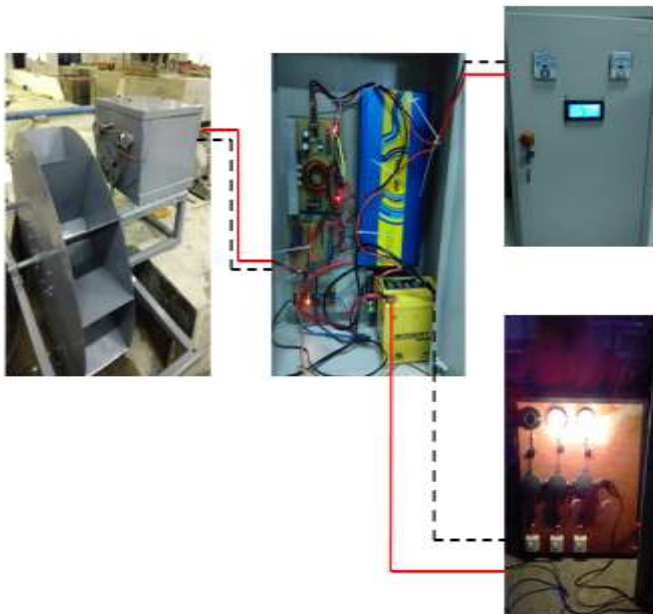
Gambar 4.16 Grafik Perbandingan Nilai Arus *Input* (I_i) dan Arus *Output* (I_o) hasil Pembacaan Sensor Arus (ACS712)

Berdasarkan Gambar 4.16 didapatkan nilai arus *input* dan nilai arus *output* sensor yang terukur hampir sama. Terdapat error atau kesalahan dalam sistem sebesar 0,026%.

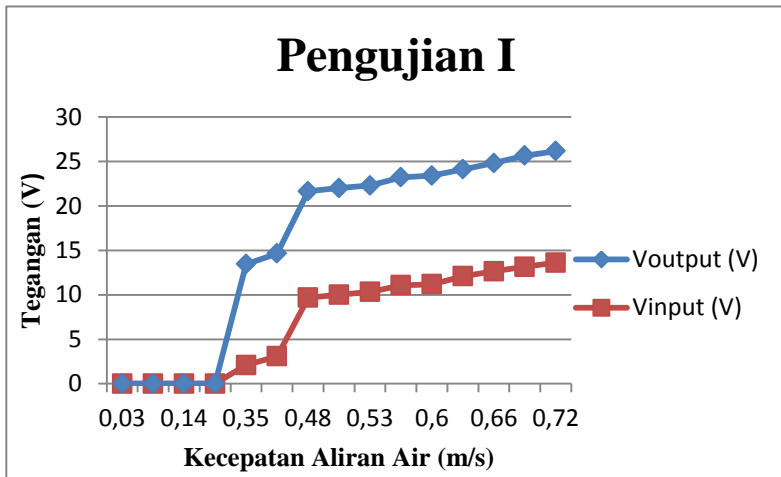
Data hasil pengujian dari perbandingan nilai arus *input* (I_i) dan arus *output* (I_o) hasil pembacaan sensor arus (ACS712) berdasarkan dengan tabel 4.10 yang terdapat pada Lampiran A.

4.8 Pengujian Keseluruhan

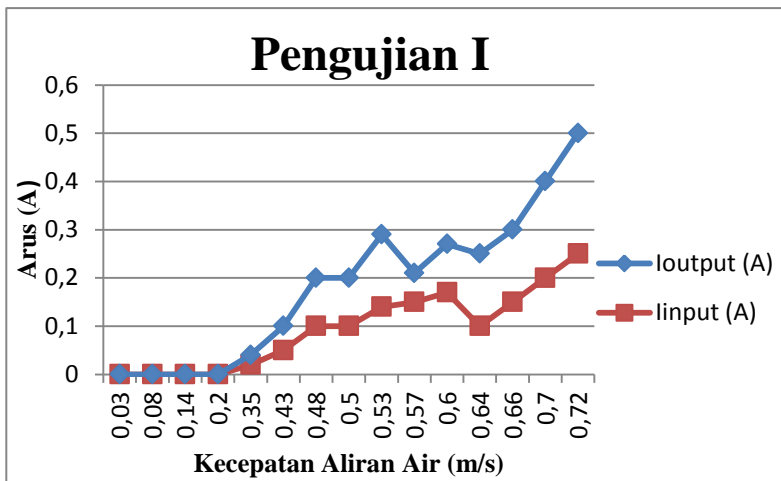
Pengujian keseluruhan adalah pengujian dari keseluruhan sistem seperti pada Gambar 4.17. Dimulai dari keluaran generator dc magnet permanen diproses melalui *voltage divider*, lalu masuk ke mikrokontroler. Data ADC yang diperoleh dari *voltage divider* diproses kembali oleh mikrokontroler dimana keluaran dari proses tersebut kemudian digunakan untuk *driver buck-boost converter*. *Buck-boost converter* tersebut digunakan untuk menstabilkan tegangan keluaran generator dc magnet permanen agar dapat stabil pada tegangan 12 volt DC sehingga dapat dikonversikan oleh *inverter* menjadi tegangan 220 volt AC. Pengujian dilakukan di Laboratorium Perairan dan Teknik Pantai, Jurusan Teknik Sipil, ITS.



Gambar 4.17 Pengujian Keseluruhan



Gambar 4.18 Grafik *Vinput* dan *Voutput* Pengujian I

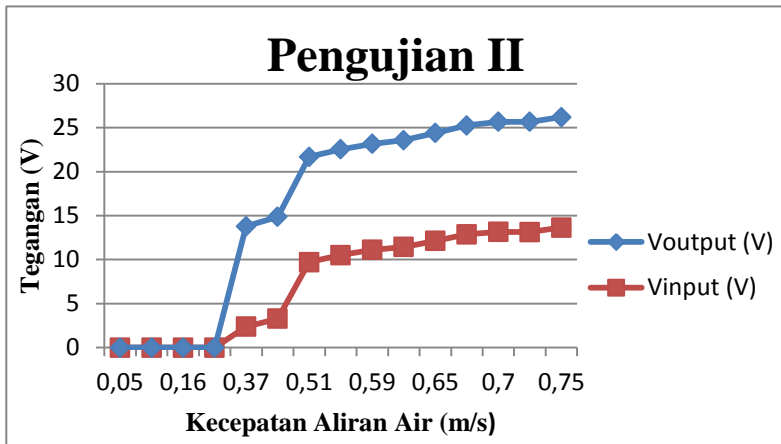


Gambar 4.19 Grafik *Iinput* dan *Ioutput* Pengujian I

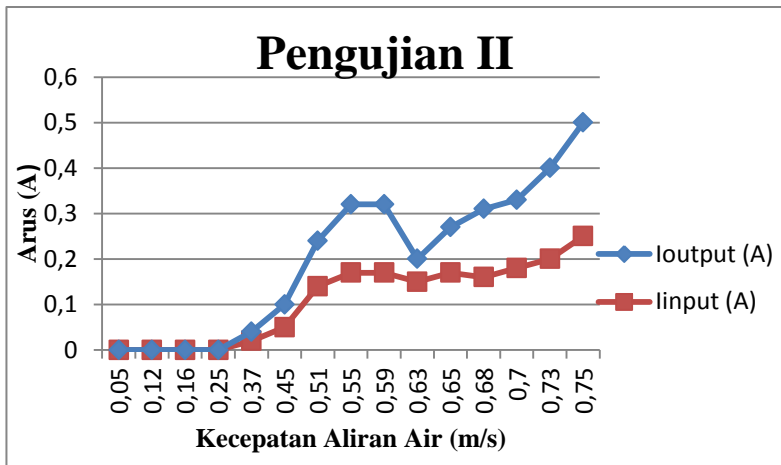
Gambar 4.18 dan Gambar 4.19 merupakan pengujian pertama yang dilakukan pada tanggal 26 Juli 2017, pukul 13.00 WIB hingga 13.30

WIB. Tegangan *output* rata-rata yang terbaca adalah 12,04 *volt* dan arus *output* rata-rata yang dihasilkan adalah 0,12 *ampere*.

Data hasil pengujian keseluruhan I *buck-boost converter* pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) berdasarkan dengan tabel 4.11 yang terdapat pada Lampiran A.



Gambar 4.20 Grafik *Vinput* dan *Voutput* Pengujian II



Gambar 4.21 Grafik *Iinput* dan *Ioutput* Pengujian II

Gambar 4.20 dan Gambar 4.21 merupakan pengujian kedua yang dilakukan pada tanggal 26 Juli 2017, pukul 13.45 WIB hingga 14.15 WIB. Tegangan *output* rata-rata yang terbaca adalah 12,12 *volt* dan arus *output* rata-rata yang dihasilkan adalah 0,12 *ampere*.

Data hasil pengujian keseluruhan II *buck-boost converter* pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) berdasarkan dengan tabel 4.12 yang terdapat pada Lampiran A.

Berdasarkan 2 kali pengujian yang telah dilakukan, maka *inverter* dapat bekerja dengan baik (menghidupkan 2 lampu sebagai beban) apabila tegangan keluaran *buck-boost converter* mendekati 12 *volt* (berkisar 11,98 *volt*) atau melebihi 12 *volt*.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

BAB V

PENUTUP

Setelah melakukan perancangan sistem serta pengujian dan analisa, maka dapat diambil kesimpulan dan saran dari kegiatan yang telah dilakukan untuk pengembangan Tugas Akhir ini.

5.1 Kesimpulan

Dari tahapan secara keseluruhan yang sudah dilaksanakan pada penyusunan Tugas Akhir ini mulai dari studi literatur, perancangan dan pembuatan sampai dengan pengujian sistem, maka dapat diperoleh kesimpulan bahwa:

1. Rangkaian *buck-boost converter* dapat digunakan untuk mengisi baterai 12 volt.
2. Level terendah tegangan keluaran generator dc magnet permanen yang dapat diproses oleh *buck-boost converter* adalah 9,6 volt dan level tegangan tertinggi adalah 27 volt.
3. Tegangan *output* dari *buck-boost converter* mencapai 11,98 sampai 12,04 volt apabila dilakukan pengujian menggunakan *power supply variable*. Sedangkan apabila dilakukan pengujian langsung menggunakan tegangan keluaran generator dc magnet permanen yang telah dihubungkan dengan turbin dan dialiri air maka rata-rata tegangan *output* dari *buck-boost converter* mencapai 12,04 dan 12,12 volt. Adapun rata-rata arus *output* yang dihasilkan yaitu 0,12 ampere.
4. Tegangan baterai atau akumulator yang dibutuhkan *inverter* harus lebih besar dari 12 volt agar *inverter* dapat bekerja dengan baik.

5.2 Saran

Untuk lebih memperbaiki dan menyempurnakan kinerja dari alat ini, maka perlu disarankan antara lain:

1. Untuk mendapatkan tegangan yang dapat stabil 12 pada level volt, maka diperlukan *controller* misalnya *fuzzy logic controller*.
2. Pemilihan komponen untuk rangkaian *buck-boost converter* yang baik seharusnya sesuai dengan perhitungan. Mulai dengan pemilihan mosfet, *driver mosfet*, induktor dan kapasitor.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

DAFTAR PUSTAKA

- [1], ***Datasheet ATmega 328P***, Atmel 8-Bit Microcontroller With 4/8/16/32Kbytes In-System Programmable Flash, Atmel, 2005.
- [2] Eko Saputro, “Rancang Bangun Pengaman Pintu Otomatis Menggunakan E-KTP Berbasis Mikrokontroler ATmega328”, ***Skripsi***, Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang, Semarang, 2016.
- [3] Srdan Lale, Milomir Soja, Slobodan Lubura, Dragon D. Mantic dan Milan D. Radmanovic, “A *Non-Inverting Buck-Boost Converter With An Adaptive Dual Current Mode Control*”, ***Journal of Electronics and Energetics***, University of East Sarajevo and University of Nis, Vol.30 No 1, March 2017.
- [4] Haifeng Fan, “*Design Tips for an Efficient Non- Inverting Buck-Boost Converter*”, ***Analog Application Journal***.
- [5] Rashid, Muhammad H., ***Power Electronics Circuits, Devices and Applications***, Prentice Hall , New Jersey, 2004.
- [6] **Allegro**, ***Datasheet ACS712***, Fully Integrated, Half Effect-Based Linear Current Sensor with 2.1 kVRMS Voltage Isolation and Low-Resistance Current Conductor.
- [7] Gerald Recktenwald, “**Voltage Dividers and Potentiometers**”, 2012.
- [8] Wiwien Widyastuti, Martanto, Leonardo Utomo Pribadi, “Alat Pengukur Tegangan Pengisian dan Pengosongan untuk Baterai Isi Ulang”, **Laporan Penelitian**, Yogyakarta.
- [9] Fadhlil MR, “Rancang Bangun *Inverter* 12 VDC ke 220AC dengan frekuensi 50 Hz dan Gelombang Keluaran Sinusoidal”, **Skripsi**, Depok, 2010.
- [10] Lingga Arisagita, “Rancang Bangun Inverter Satu Fasa Dengan PWM Berbasis Mikrokontroler Pada Simulator Panel Sistem Solar Sel”, **Tugas Akhir**, Bandung, 2012.
- [11] Saifudin, Arman Jaya dan Eko Prasetyono, “Rancang Bangun Hybrid Battery Charger Menggunakan Metode PI Controller Untuk Daerah Terpencil”, **Seminar Nasional Sains dan Pendidikan Sains IX**, Salatiga, 2014.

- [12] Fajar Rukmo Anggoro, “Stasiun Pengisian Baterai Kendaraan Listrik Berbayar Menggunakan DC-DC *Converter* Dengan Sistem Back Up Daya Terintegrasi”, **Tugas Akhir**, Surabaya, 2013.

LAMPIRAN A

TABEL HASIL PENGUJIAN

Tabel 4.2 Perbandingan Nilai *Duty Cycle* Pengujian dan Perhitungan dengan Tegangan *Output* (V_o) pada *Mode Buck*

<i>Vouput</i>	<i>Duty Cycle</i> Pengujian	<i>Duty Cycle</i> Perhitungan	<i>Vouput</i>	<i>Duty Cycle</i> Pengujian	<i>Duty Cycle</i> Perhitungan
0,116	0,096	0,039	7,06	0,588	0,627
0,859	0,071	0,078	7,51	0,625	0,667
1,368	0,114	0,118	7,98	0,665	0,706
1,804	0,15	0,178	8,45	0,704	0,745
2,213	0,184	0,196	8,87	0,739	0,784
2,614	0,217	0,235	9,37	0,78	0,824
3,016	0,251	0,275	9,87	0,822	0,863
3,422	0,285	0,314	10,55	0,879	0,902
3,838	0,319	0,353	10,94	0,911	0,941
4,3	0,358	0,392	10,99	0,915	0,98
4,68	0,39	0,431	10,99	0,915	1
5,16	0,43	0,471			
5,61	0,467	0,509			
6,1	0,508	0,549			
6,55	0,545	0,588			

Tabel 4.3 Perbandingan Nilai *Duty Cycle* Pengujian dan Perhitungan dengan Tegangan *Output* (V_o) pada *Mode Boost*

<i>V_{output}</i>	<i>Duty Cycle</i> Pengujian	<i>Duty Cycle</i> Perhitungan
11,55	0,037	0,039
12,06	0,049	0,078
12,57	0,045	0,118
13,04	0,079	0,178
13,67	0,122	0,196
14,34	0,163	0,235
15,12	0,206	0,275
15,95	0,247	0,314
16,86	0,288	0,353
17,88	0,328	0,392
18,93	0,366	0,431
20,84	0,424	0,471
20,9	0,425	0,509
22,63	0,469	0,549
24,3	0,506	0,588
26,33	0,544	0,627

Tabel 4.4 Perbandingan Nilai *Duty Cycle* dan Tegangan *Output* (Vo) saat Pengujian dengan Perhitungan pada *Mode Buck*

<i>Duty Cycle</i>	<i>Voutput Pengujian</i>	<i>Voutput Perhitungan</i>	<i>Duty Cycle</i>	<i>Voutput Pengujian</i>	<i>Voutput Perhitungan</i>
0,039	0,116	0,47	0,667	7,51	8
0,078	0,859	0,94	0,706	7,98	8,47
0,118	1,368	1,41	0,745	8,45	8,941
0,178	1,804	1,88	0,784	8,87	9,41
0,196	2,213	2,35	0,824	9,37	9,88
0,235	2,614	2,82	0,863	9,87	10,35
0,275	3,016	3,29	0,902	10,55	10,823
0,314	3,422	3,768	0,941	10,94	11,294
0,353	3,838	4,236	0,98	10,99	11,76
0,392	4,3	4,704	1	10,99	12
0,431	4,68	5,176			
0,471	5,16	5,647			
0,509	5,61	6,117			
0,549	6,1	6,588			
0,588	6,55	7,058			
0,627	7,06	7,529			

Tabel 4.5 Perbandingan Nilai Tegangan *Input* (V_i) dan Tegangan *Output* (V_o) saat Pengujian dengan Perhitungan pada *Mode Buck*

<i>V_{input}</i>	<i>V_{output}</i> <i>Pengujian</i>	<i>V_{output}</i> <i>Perhitungan</i>	<i>V_{input}</i>	<i>V_{output}</i> <i>Pengujian</i>	<i>V_{output}</i> <i>Perhitungan</i>
1	0	1	17	15,79	17
2	0	2	18	16,74	18
3	0	3	19	17,8	19
4	0	4	20	18,7	20
5	0	5	21	19,7	21
6	0	6			
7	0	7			
8	0,04	8			
9	3,39	9			
10	8,92	10			
11	9,88	11			
12	10,97	12			
13	11,86	13			
14	12,86	14			
15	13,77	15			
16	14,8	16			

Tabel 4.6 Perbandingan Nilai *Duty Cycle* dan Tegangan *Output* (V_o) saat Pengujian dengan Perhitungan pada *Mode Boost*

<i>Duty Cycle</i>	<i>Voutput Pengujian</i>	<i>Voutput Perhitungan</i>
0,039	11,55	12,486
0,078	12,06	13,01
0,118	12,57	13,6
0,178	13,04	14,59
0,196	13,67	14,92
0,235	14,34	15,68
0,275	15,12	16,55
0,314	15,95	17,49
0,353	16,86	18,54
0,392	17,88	19,73
0,431	18,93	21,08
0,471	20,84	22,68
0,509	20,9	24,43
0,549	22,63	26,6
0,588	24,3	29,12
0,627	26,33	32,17

Tabel 4.7 Perbandingan Nilai Tegangan *Input* (V_i) dan Tegangan *Output* (V_o) saat Pengujian dengan Perhitungan pada *Mode Boost*

<i>V_{input}</i>	<i>V_{output}</i> <i>Pengujian</i>	<i>V_{output}</i> Perhitungan
6	10,49	11,76
7	12,14	13,72
8	14,18	15,68
9	16,19	17,64
10	18,03	19,61
11	19,95	21,56
12	22,02	23,52
13	23,72	25,49
14	25,88	27,45
15	27,58	29,41
16	29,29	31,37
17	31,52	33,33
18	32,94	35,29

Tabel 4.8 Perbandingan Nilai Tegangan *Input* (V_i) dan Tegangan *Output* (V_o) saat Pengujian dengan Tegangan *Output* (V_o) seharusnya

<i>Vinput</i>	<i>Voutput Pengujian</i>	<i>Voutput Perhitungan</i>	<i>Vinput</i>	<i>Voutput Pengujian</i>	<i>Voutput Perhitungan</i>
9,66	11,98	12	25,41	12,23	12
10,01	11,98	12	26,30	11,96	12
11,08	11,96	12	27,09	12,08	12
12,02	12,17	12			
13,11	12	12			
14,21	12,02	12			
15,20	11,98	12			
16,10	12	12			
17,11	12,04	12			
18,16	12,04	12			
19,08	12,04	12			
20,13	12,04	12			
21,14	12,02	12			
22,13	12,04	12			
23,09	11,98	12			
24,27	12,04	12			

Tabel 4.9 Perbandingan Nilai Tegangan *Input* (V_i) dan Tegangan *Output* (V_o) hasil Pembacaan Sensor Tegangan (*Voltage Divider*)

<i>V_{input}</i>	<i>V_{output}</i>	<i>V_{input}</i>	<i>V_{output}</i>
1	0,95	18	18,04
2	1,98	19	19,04
3	3,12	20	20,05
4	4,13	21	21,02
5	5,1	22	22,14
6	6,11	23	23,14
7	7,14	24	24,15
8	8,17		
9	9,18		
10	10,18		
11	11,03		
12	12,06		
13	13,01		
14	14,04		
15	15,02		
16	16		
17	17,03		

Tabel 4.10 Perbandingan Nilai Arus *Input* (Ii) dan Arus *Output* (Io)
hasil Pembacaan Sensor Arus (ACS712)

<i>Iinput</i>	<i>Ioutput</i>	<i>Iinput</i>	<i>Ioutput</i>
0	0,03	1,6	1,68
0,1	0,13	1,7	1,73
0,2	0,23	1,8	1,82
0,3	0,33	1,9	1,92
0,4	0,43	2	2,02
0,5	0,53	2,1	2,12
0,6	0,63	2,2	2,27
0,7	0,73	2,3	2,37
0,8	0,83	2,4	2,47
0,9	0,93	2,5	2,52
1	1,03	2,6	2,67
1,1	1,13	2,69	2,72
1,2	1,23		
1,3	1,33		
1,4	1,43		
1,5	1,53		

Tabel 4.11 Pengujian Keseluruhan I *Buck-Boost Converter* pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)

Pengujian Kecepatan Aliran Air (m/s)	V_{input} (V)	V_{output} (V)	I_{input} (A)	I_{output} (A)	Nyala Lampu
0,03	Sistem Belum Bekerja (Turbin Belum Dapat Berputar)				
0,08					
0,14					
0,20					
0,35	2,09	11,37	0,02	0,02	1 Lampu Menyala
0,43	3,09	11,55	0,05	0,05	1 Lampu Menyala
0,48	9,67	11,98	0,10	0,10	2 Lampu Menyala
0,50	10,01	12,00	0,10	0,10	2 Lampu Menyala
0,53	10,32	11,98	0,14	0,15	2 Lampu Menyala
0,57	11,08	12,13	0,15	0,06	2 Lampu Menyala
0,60	11,19	12,22	0,17	0,10	2 Lampu Menyala
0,64	12,08	12,04	0,10	0,15	2 Lampu Menyala
0,66	12,65	12,17	0,15	0,15	2 Lampu Menyala
0,70	13,15	12,51	0,20	0,20	2 Lampu Menyala
0,72	13,62	12,55	0,25	0,25	2 Lampu Menyala

Tabel 4.12 Pengujian Keseluruhan II *Buck-Boost Converter* pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)

Kecepatan Aliran Air (m/s)	Vinput (V)	Voutput (V)	Iinput (A)	Ioutput (A)	Nyala Lampu
0,05	Sistem Belum Bekerja (Turbin Belum Dapat Berputar)				
0,12					
0,16					
0,25					
0,37	2,39	11,39	0,02	0,02	1 Lampu Menyala
0,45	3,29	11,57	0,05	0,05	1 Lampu Menyala
0,51	9,71	11,98	0,14	0,10	2 Lampu Menyala
0,55	10,51	12,02	0,17	0,15	2 Lampu Menyala
0,59	11,11	12,04	0,17	0,15	2 Lampu Menyala
0,63	11,45	12,13	0,15	0,05	2 Lampu Menyala
0,65	12,14	12,26	0,17	0,10	2 Lampu Menyala
0,68	12,87	12,37	0,16	0,15	2 Lampu Menyala
0,70	13,15	12,51	0,18	0,15	2 Lampu Menyala
0,73	13,14	12,53	0,20	0,20	2 Lampu Menyala
0,75	13,65	12,55	0,25	0,25	2 Lampu Menyala

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

LAMPIRAN B PROGRAM

```
#include <TFT.h>
#include <Wire.h>
#include <LCD.h>
#include <LiquidCrystal.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <PWM.h>
#define BACKLIGHT_PIN 13
LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F,2,1,0,4,5,6,7); // 0x3F is the default I2C bus
address of the backpack-see article

int32_t frequency1 = 15000;
int32_t frequency2 = 15000;
int pwm1; // buck pwm
int pwm2; // boost pwm
int cnt;

void setup()
{

    // Set off LCD module
    lcd.begin (20,4); // 20 x 4 LCD module
    lcd.setBacklightPin(3,POSITIVE); // BL, BL_POL
    lcd.setBacklight(HIGH);
    //Mengatur Frekuensi PWM
    InitTimersSafe();
    SetPinFrequencySafe(9, frequency1);
    SetPinFrequencySafe(10, frequency2);

    pinMode ( BACKLIGHT_PIN, OUTPUT );
    lcd.begin (20,4);
    digitalWrite ( BACKLIGHT_PIN, HIGH );
    pwmWrite(9,pwm1);
    pwmWrite(10,pwm2);
    pwm1=250;//BUCK
    pwm2=60;//BOOST
```

```

}

void loop()
{

    //Baca Sensor Tegangan
    int SensorVi = analogRead(A0);
    int SensorVo = analogRead(A1);

    //Baca Sensor Arus
    int SensorIi = analogRead(A2);
    int SensorIo = analogRead(A3);

    //Konversi Sensor Tegangan
    float Vi=(SensorVi*0.029)+0.089;
    float Vo=(SensorVo*0.019)+0.012;

    //Konversi Sensor Arus
    float Ii=(SensorIi*0.049)-25.33;
    float Io=(SensorIo*0.049)- 25.13;

    lcd.clear();
    lcd.setCursor(3,0);
    lcd.print("DATA MIKROHIDRO");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("Vi:");
    lcd.print(Vi);
    lcd.setCursor(0,2);
    lcd.print("Ii:");
    lcd.print(Ii);
    lcd.setCursor(11,1);
    lcd.print("Vo:");
    lcd.print(Vo);
    lcd.setCursor(11,2);
    lcd.print("Io:");
    lcd.print(Io);
    lcd.setCursor(0,3);
    lcd.print("pwm1=");
    lcd.print(pwm1);

```

```
lcd.print("  pwm2=");  
lcd.print(pwm2);
```

```
if(Vi>9.60 && Vi<11.00)  
{  
  if(Vo<=12.00)  
  {  
    //BOOST  
    pwmWrite(9,pwm1--); //YES  
    pwmWrite(10,pwm2++);  
    if (pwm2>=150)  
    {  
      pwm2=150;  
    }  
    if (pwm1<=170)  
    {  
      pwm1=170;  
    }  
  }  
  else  
  {  
    pwmWrite(9,pwm1++); //NO  
    pwmWrite(10,pwm2--);  
    if (pwm2<=10)  
    {  
      pwm2=10;  
    }  
    if (pwm1>=200)  
    {  
      pwm1=200;  
    }  
  }  
}
```

```
if(Vi>11.01 && Vi<11.99)  
{  
  if(Vo<=12.00)  
  {  
    
```

```

//BUCK-BOOST
pwmWrite(9,pwm1--);
pwmWrite(10,pwm2++);
if (pwm2>=150)
{
    pwm2=150;
}
if (pwm1<=150)
{
    pwm1=150;
}
}
else
{
    pwmWrite(9,pwm1++);
    pwmWrite(10,pwm2--);
    if (pwm2<=10)
    {
        pwm2=10;
    }
    if (pwm1>=210)
    {
        pwm1=210;
    }
}
}

if(Vi>12.01 && Vi<13.99)
{
    if(Vo>=12.00)
    {
        //BUCK
        pwmWrite(9,pwm1--);
        pwmWrite(10,pwm2++);
        if (pwm2>=150)
        {
            pwm2=150;
        }
        if (pwm1<=10)

```



```

{
    pwm1=10;
}
}
else
{
    pwmWrite(9,pwm1++);
    pwmWrite(10,pwm2--);
    if (pwm2<=130)
    {
        pwm2=130;
    }
    if (pwm1>=250)
    {
        pwm1=250;
    }
}
}

if(Vi>14.01 && Vi<15.99)
{
    if(Vo>=12.00)
    {
        //BUCK
        pwmWrite(9,pwm1--);
        pwmWrite(10,pwm2++);
        if (pwm2>=130)
        {
            pwm2=130;
        }
        if (pwm1<=10)
        {
            pwm1=10;
        }
    }
    else
    {
        pwmWrite(9,pwm1++);
        pwmWrite(10,pwm2--);
    }
}

```

```

if (pwm2<=110)
{
    pwm2=110;
}
if (pwm1>=250)
{
    pwm1=250;
}
}

if(Vi>16.01 && Vi<17.99)
{
    if(Vo>=12.00)
    {
        //BUCK
        pwmWrite(9,pwm1--);
        pwmWrite(10,pwm2++);
        if (pwm2>=110)
        {
            pwm2=110;
        }
        if (pwm1<=10)
        {
            pwm1=10;
        }
    }
    else
    {
        pwmWrite(9,pwm1++);
        pwmWrite(10,pwm2--);
        if (pwm2<=90)
        {
            pwm2=90;
        }
        if (pwm1>=250)
        {
            pwm1=250;
        }
    }
}

```

```

    }

}

if(Vi>18.01 && Vi<19.99)
{
    if(Vo>=12.00)
    {
        //BUCK
        pwmWrite(9,pwm1--);
        pwmWrite(10,pwm2++);
        if (pwm2>=100)
        {
            pwm2=100;
        }
        if (pwm1<=10)
        {
            pwm1=10;
        }
    }
    else
    {
        pwmWrite(9,pwm1++);
        pwmWrite(10,pwm2--);
        if (pwm2<=80)
        {
            pwm2=80;
        }
        if (pwm1>=250)
        {
            pwm1=250;
        }
    }
}

if(Vi>20.01 && Vi<21.99)
{
    if(Vo>=12.00)

```

```

{
    //BUCK
    pwmWrite(9,pwm1--);
    pwmWrite(10,pwm2++);
    if (pwm2>=90)
    {
        pwm2=90;
    }
    if (pwm1<=10)
    {
        pwm1=10;
    }
    }
    else
    {
        pwmWrite(9,pwm1++);
        pwmWrite(10,pwm2--);
        if (pwm2<=70)
        {
            pwm2=70;
        }
        if (pwm1>=250)
        {
            pwm1=250;
        }
    }
}

if(Vi>22.01 && Vi<23.99)
{
    if(Vo>=12.00)
    {
        //BUCK
        pwmWrite(9,pwm1--);
        pwmWrite(10,pwm2++);
        if (pwm2>=80)
        {
            pwm2=80;

```

```

    }
    if (pwm1<=10)
    {
        pwm1=10;
    }
    }
    else
    {
        pwmWrite(9,pwm1++);
        pwmWrite(10,pwm2--);
        if (pwm2<=60)
        {
            pwm2=60;
        }
        if (pwm1>=250)
        {
            pwm1=250;
        }
    }

}

if(Vi>26.01 && Vi<27.99)
{
    if(Vo>=12.00)
    {
        //BUCK
        pwmWrite(9,pwm1--);
        pwmWrite(10,pwm2++);
        if (pwm2>=60)
        {
            pwm2=60;
        }
        if (pwm1<=10)
        {
            pwm1=10;
        }
    }
    else

```

```

{
  pwmWrite(9,pwm1++);
  pwmWrite(10,pwm2--);
  if (pwm2<=40)
  {
    pwm2=40;
  }
  if (pwm1>=250)
  {
    pwm1=250;
  }
}

delay(50);
}

```

LAMPIRAN C

DATASHEET

1. Datasheet Arduino UNO

Technical Specification

EAGLE files: [arduino-duemilanove-uno-design.zip](#) Schematic: [arduino-uno-schematic.pdf](#)

Summary

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Clock Speed	16 MHz

the board



radiospares

RADIONICS



2. Datasheet Transistor 2SC829

Transistor

Panasonic

2SC829

Silicon NPN epitaxial planer type

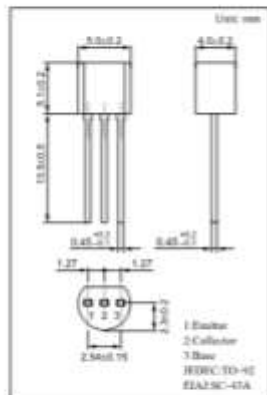
For high-frequency amplification

Features

- Optimum for RF amplification, oscillation, mixing, and IF stage of FM/AM radios.

Absolute Maximum Ratings (Ta=25°C)

Parameter	Symbol	Rating	Unit
Collector to base voltage	V_{CB}	30	V
Collector to emitter voltage	V_{CE}	20	V
Emitter to base voltage	V_{EB}	5	V
Collector current	I_C	30	mA
Collector power dissipation	P_C	400	mW
Junction temperature	T_j	150	°C
Storage temperature	T_{stg}	-55 ~ +150	°C



Electrical Characteristics (Ta=25°C)

Parameter	Symbol	Conditions	min	typ	max	Unit
Collector to base voltage	V_{CB}	$I_C = 10\mu A, I_E = 0$	30			V
Collector to emitter voltage	V_{CE}	$I_C = 2mA, I_E = 0$	20			V
Emitter to base voltage	V_{EB}	$I_E = 10\mu A, I_C = 0$	5			V
Forward current transfer ratio	h_{FE}	$V_{CE} = 10V, I_C = 1mA$	70		250	
Transition frequency	f_T	$V_{CE} = 10V, I_C = 1mA, f = 200MHz$	150	210		MHz
Current noise spectral density	C_n	$V_{CE} = 10V, I_C = 1mA, f = 10.7MHz$		1.3	1.6	pF
Reverse transfer impedance	Z_{re}	$V_{CE} = 10V, I_C = 1mA, f = 2MHz$			60	Ω

h_{FE} Rank classification

Rank	B	C
h_{FE}	70 ~ 100	110 ~ 250

3. Datasheet Mosfet P-Channel IRF9540N

International
IOR Rectifier

PD - 91437B

IRF9540N

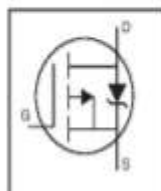
HEXFET® Power MOSFET

- Advanced Process Technology
- Dynamic dv/dt Rating
- 175°C Operating Temperature
- Fast Switching
- P-Channel
- Fully Avalanche Rated

Description

Fifth Generation HEXFETs from International Rectifier utilize advanced processing techniques to achieve extremely low on-resistance per silicon area. This benefit, combined with the fast switching speed and ruggedized device design that HEXFET Power MOSFETs are well known for, provides the designer with an extremely efficient and reliable device for use in a wide variety of applications.

The TO-220 package is universally preferred for all commercial-industrial applications at power dissipation levels to approximately 50 watts. The low thermal resistance and low package cost of the TO-220 contribute to its wide acceptance throughout the industry.



$$V_{DS} = -100V$$

$$R_{DS(on)} = 0.117\Omega$$

$$I_D = -23A$$



Absolute Maximum Ratings

	Parameter	Max.	Units
I_D @ $T_J = 25^\circ C$	Continuous Drain Current, $V_{DS} @ -10V$	-20	A
I_D @ $T_J = 100^\circ C$	Continuous Drain Current, $V_{DS} @ -10V$	-16	
I_{DM}	Pulsed Drain Current (1)	-76	
P_D @ $T_J = 25^\circ C$	Power Dissipation	140	W
	Linear Derating Factor	0.91	W/°C
V_{GS}	Gate-to-Source Voltage	± 20	V
E_{AS}	Single Pulse Avalanche Energy (2)	400	mJ
I_{AS}	Avalanche Current (2)	-11	A
E_{AR}	Repetitive Avalanche Energy (2)	14	mJ
dv/dt	Peak Diode Recovery dv/dt (3)	-5.0	V/ns
T_J	Operating Junction and	-55 to +175	°C
T_{STG}	Storage Temperature Range		
	Soldering Temperature, for 10 seconds	300 (1.6mm from case)	
	Mounting torque, 5-32 or M3 screw	10 lb-in (1.1Nm)	

Thermal Resistance

	Parameter	Typ.	Max.	Units
R_{JC}	Junction-to-Case	—	1.1	°C/W
R_{JA}	Case-to-Sink, Flat, Gaseous Surface	0.50	—	
R_{JA}	Junction-to-Ambient	—	62	

5/13/98

4. Datasheet Transistor Photocoupler TLP250

TOSHIBA

TLP250

TOSHIBA Photocoupler GaAlAs Ined & Photo-IC

TLP250

Transistor Inverter

Inverter For Air Conditioner

IGBT Gate Drive

Power MOS FET Gate Drive

The TOSHIBA TLP250 consists of a GaAlAs light emitting diode and a integrated photodetector.

This unit is 8-lead DIP package.

TLP250 is suitable for gate driving circuit of IGBT or power MOS FET.

- Input threshold current: $I_p = 5\text{mA}/\text{max.}$
- Supply current (I_{CC}): $11\text{mA}/\text{max.}$
- Supply voltage (V_{CC}): $10\text{--}30\text{V}$
- Output current (I_O): $\pm 1.5\text{A}/\text{max.}$
- Switching time (t_{pd} , t_{PHL}): $1.3\mu\text{s}/\text{max.}$
- Isolation voltage: $2500V_{rms}/\text{min.}$
- UL recognized: UL1577, file No. E67349
- Option (D4) type

VDE approved: DIN VDE0884/06-92, certificate No. 76923

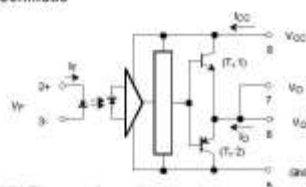
Maximum operating insulation voltage: $630V_{rms}$

Highest permissible over voltage: $4000V_{peak}$

(Note) When a VDE0884 approved type is needed, please designate the "option (D4)".

- Creepage distance: $6\text{mm}/\text{min.}$
- Clearance: $6\text{mm}/\text{min.}$

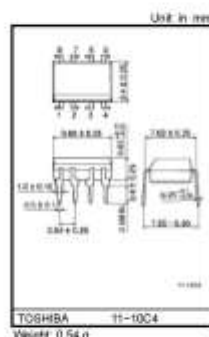
Schematic



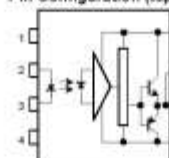
A 0.1μF bypass capacitor must be connected between pin 8 and 5 (See Note 5).

Truth Table

	T_{pd}	T_{pd}
Input LED	On	Off
	Off	On



Pin Configuration (top view)



- 1: GND
- 2: Anode
- 3: Cathode
- 4: GND
- 5: GND
- 6: V_O (Output)
- 7: V_O
- 8: V_{CC}

Absolute Maximum Ratings (Ta = 25°C)

Characteristic		Symbol	Rating	Unit	
LED	Forward current	I_F	30	mA	
	Forward current derating ($T_A \geq 70^\circ\text{C}$)	$\Delta I_F / \Delta T_A$	-0.36	mA / $^\circ\text{C}$	
	Peak transient forward current (Note 1)	I_{FT}	1	A	
	Reverse voltage	V_R	5	V	
	Junction temperature	T_J	125	$^\circ\text{C}$	
Detector	I _H peak output current ($P_W \leq 2.5\mu\text{s}$, $f \leq 10\text{kHz}$) (Note 2)		I_{OH}	-1.5	A
	I _L peak output current ($P_W \leq 2.5\mu\text{s}$, $f \leq 10\text{kHz}$) (Note 2)		I_{OL}	+1.5	A
	Output voltage	($T_A \leq 70^\circ\text{C}$)	V_O	35	V
		($T_A = 85^\circ\text{C}$)		24	
	Supply voltage	($T_A \leq 70^\circ\text{C}$)	V_{CC}	35	V
		($T_A = 85^\circ\text{C}$)		24	
	Output voltage derating ($T_A \geq 70^\circ\text{C}$)		$\Delta V_O / \Delta T_A$	-0.73	V / $^\circ\text{C}$
	Supply voltage derating ($T_A \geq 70^\circ\text{C}$)		$\Delta V_{CC} / \Delta T_A$	-0.73	V / $^\circ\text{C}$
	Junction temperature		T_J	125	$^\circ\text{C}$
Operating frequency (Note 3)		f	25	kHz	
Operating temperature range		T_{OP}	-20~85	$^\circ\text{C}$	
Storage temperature range		T_{STG}	-55~125	$^\circ\text{C}$	
Lead soldering temperature (10 s)		T_{SL}	260	$^\circ\text{C}$	
Isolation voltage (A.C., 1 min., R.H. ≤ 60%) (Note 5)		BV_{IS}	2500	Vrms	

Note 1: Pulse width P_W ≤ 1μs, 300pps

Note 2: Exponential waveform

Note 3: Exponential waveform, I_{OH} ≤ -1.0A (≤ 2.5μs), I_{OL} ≤ +1.0A (≤ 2.5μs)

Note 4: It is 2 mm or more from a lead root.

Note 5: Device considered a two terminal device: Pins 1, 2, 3 and 4 shorted together, and pins 5, 6, 7 and 8 shorted together.

Note 6: A ceramic capacitor (0.1μF) should be connected from pin 6 to pin 5 to stabilize the operation of the high gain linear amplifier. Failure to provide the bypassing may impair the switching property. The total lead length between capacitor and coupler should not exceed 1cm.

Recommended Operating Conditions

Characteristic	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit
Input current, on (Note 7)	I _{I(ON)}	7	8	10	mA
Input voltage, off	V _{I(OFF)}	0	—	0.8	V
Supply voltage	V _{CC}	15	—	30	V
Peak output current	I _{OUT(PEAK)}	—	—	±0.5	A
Operating temperature	T _{OP}	-20	25	70	°C

Note 7: Input signal rise time (fall time) < 0.5 μs

5. Datasheet Mosfet IRFP460



IRFP460

N - CHANNEL 500V - 0.22 Ω - 20 A - TO-247
PowerMESH MOSFET

TYPE	V _{DS}	R _{DS(on)}	I _D
IRFP460	500 V	< 0.27 Ω	20 A

- TYPICAL R_{DS(on)} = 0.22 Ω
- EXTREMELY HIGH SWITCING CAPABILITY
- 100% AVALANCHE TESTED
- VERY LOW INTRINSIC CAPACITANCES
- GATE CHARGE MINIMIZED

DESCRIPTION

This power MOSFET is designed using the company's consolidated strip layout-based MESH OVERLAY process. This technology matches and improves the performances compared with standard parts from various sources.

APPLICATIONS

- HIGH CURRENT SWITCHING
- UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY (UPS)
- DC/DC CONVERTERS FOR TELECOM, INDUSTRIAL AND LIGHTING EQUIPMENT.



TO-247

INTERNAL SCHEMATIC DIAGRAM



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V _{DS}	Drain-source Voltage (V _{GS} = 0)	500	V
V _{DSK}	Drain-source Voltage (R _{DS} = 20 k Ω)	500	V
V _{GS}	Gate-source Voltage	± 20	V
I _D	Drain Current (continuous) at T _J = 25 °C	20	A
I _D	Drain Current (continuous) at T _J = 100 °C	13	A
I _{DM} (p)	Drain Current (pulsed)	80	A
P _{tot}	Total Dissipation at T _J = 25 °C	250	W
	Derating Factor	2	W/°C
di/dt(1)	Peak Diode Recovery voltage slope	3.5	V/ns
T _{stg}	Storage Temperature	-65 to 150	°C
T _J	Max. Operating Junction Temperature	150	°C

(1) Pulse width limited by self-heating area

(2) For 2.0 A, dV/dt = 100 A/V, R_{DS(on)} = 0.27 Ω , T_J = 25 °C

September 1998

1/8

5. Datasheet MBR30100



Data Sheet

HIGH VOLTAGE POWER SCHOTTKY RECTIFIER

MBR30100C

General Description

High voltage dual schottky rectifier suited for switch mode power supplies and other power converters. This device is intended for use in medium voltage operation, and particularly, in high frequency circuits where low switching losses and low noise are required.

The MBR30100C is available in standard TO-220-3, TO-220-3C2) and TO-220F-3 packages.

Features

- High Surge Capacity
- 150°C Operating Junction Temperature
- 30A Total (15 A Per Diode Leg)
- Guard-Ring for Stress Protection
- Pb-Free Packages are available

Main Product Characteristics

$I_{T(AV)}$	2*15A
V_{RRM}	100V
T_J	150°C
$V_{F(max)}$	0.75V

Mechanical Characteristics

- Case: Epoxy Molded
- Epoxy Meets UL 94 V-0 @ 0.125 in
- Weight (Approximately):
1.9 Grams (TO-220-3, TO-220-3C2) and TO-220F-3)
- Finish: All External Surfaces Corrosion Resistant and Terminate
- Leads are Readily Solderable
- Lead Temperature for Soldering Purposes: 260°C Max. for 10 Seconds

Applications

- Power Supply – Output Rectification
- Power Management
- Instrumentation



Figure 1. Package Type of MBR30100C

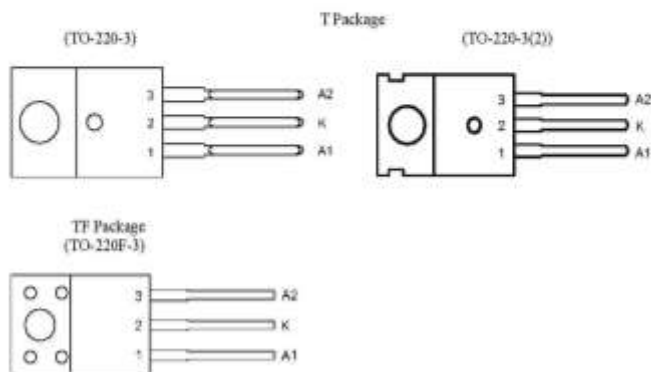
HIGH VOLTAGE POWER SCHOTTKY RECTIFIER MBR30100C**Pin Configuration**

Figure 2. Pin Configuration of MBR30100C (Top View)

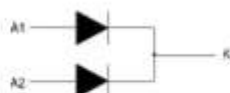


Figure 3. Internal Structure of MBR30100C

6. Datasheet ACS712



ACS712

*Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor
with 2.1 kV_{RMS} Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor*

Features and Benefits

- Low-noise analog signal path
- Device bandwidth is set via the new FILTER pin
- 5 μ s output rise time in response to step input current
- 70 MHz bandwidth
- Total output error 1.5% at $T_A = 25^\circ\text{C}$, and 4% at -40°C to 85°C
- Small footprint, low-profile SOIC package
- 1.2 m Ω internal conductor resistance
- 2.1 kV_{RMS} minimum isolation voltage from pin 1-4 to pin 5-8
- 5.0 V, single supply operation
- 66 to 185 mV/A output sensitivity
- Output voltage proportional to AC or DC currents
- Factory trimmed for accuracy
- Extremely stable output offset voltage
- Nearly zero magnetic hysteresis
- Ratio-metric output from supply voltage

Package: 8 pin SOIC (suffix LC)



Approximate Scale 1:1

Description

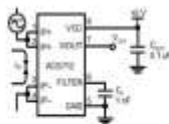
The Allegro® ACS712 provides economical and precise solutions for AC or DC current sensing in industrial, automotive, commercial, and communications systems. The device package allows for easy implementation by the customer. Typical applications include motor control, load detection and management, switched-mode power supplies, and overcurrent fault protection.

The device consists of a precise, low-offset, linear Hall sensor circuit with a copper conduction path located near the surface of the die. Applied current flowing through this copper conduction path generates a magnetic field which is sensed by the integrated Hall IC and converted into a proportional voltage. Device accuracy is optimized through the close proximity of the magnetic signal to the Hall transducer. A precise, proportional voltage is provided by the low-offset, chopper-stabilized BiCMOS Hall IC, which is programmed for accuracy after packaging.

The output of the device has a positive slope ($>V_{\text{offset}}$) when an increasing current flows through the primary copper conduction path (from pin 1 and 2, to pin 3 and 4), which is the path used for current sensing. The internal resistance of this conductive path is 1.2 m Ω typical, providing low power

Continued on the next page...

Typical Application



Application 1: The ACS712 outputs an analog signal, V_{OUT} , that varies linearly with the uni- or bi-directional AC or DC primary sensed current, I_P , within the range specified. C_F is recommended for noise management, with values that depend on the application.

ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with
2.1 kVRMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

Description (continued)

loss. The thickness of the copper conductor allows survival of the device at up to 5× overcurrent conditions. The terminals of the conductive path are electrically isolated from the sensor leads (pins 5 through 8). This allows the ACS712 current sensor to be used in applications requiring electrical isolation without the use of opto-isolators or other costly isolation techniques.

The ACS712 is provided in a small, surface mount SOIC package. The leadframe is plated with 100% matte tin, which is compatible with standard lead (Pb)-free printed circuit board assembly processes. Internally, the device is Pb-free, except for flip-chip high-temperature Pb-based solder balls, currently exempt from RoHS. The device is fully calibrated prior to shipment from the factory.

Selection Guide

Part Number	Packaging*	T _{op} (°C)	Optimized Range, I _s (A)	Sensitivity, Sens (Typ) (mV/A)
ACS712ELCTR-05B-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±5	185
ACS712ELCTR-20A-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±20	150
ACS712ELCTR-30A-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±30	95

*Contact Allegro for additional packaging options.

Absolute Maximum Ratings

Characteristic	Symbol	Notes	Rating	Units
Supply Voltage	V _{CC}		8	V
Reverse Supply Voltage	V _{REV}		-0.1	V
Output Voltage	V _{OUT}		8	V
Reverse Output Voltage	V _{OUTT}		-0.1	V
Output Current Source	I _{OUT(SOURCE)}		3	mA
Output Current Sink	I _{OUT(SINK)}		10	mA
Overcurrent Transient Tolerance	I _o	100 total pulses, 250 ms duration each, applied at a rate of 1 pulse every 100 seconds	60	A
Maximum Transient Sensed Current	I _{o(max)}	Junction Temperature, T _j < T _{j(max)}	60	A
Nominal Operating Ambient Temperature	T _a	Range E	-40 to 85	°C
Maximum Junction	T _{j(max)}		185	°C
Storage Temperature	T _{stg}		-65 to 170	°C



TUV America
Certificate Number:
USV 08 05 54214 010

Parameter	Specification
Fire and Electric Shock	CAN/CSA-C22.2 No. 60950-1-03 UL 60950-1:2003 EN 60950-1:2001

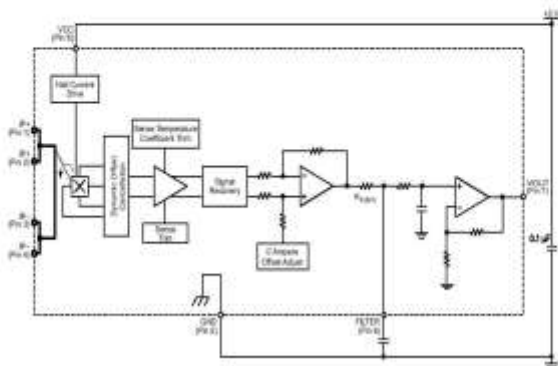


Allegro Microsystems, Inc.
110 Hawthorne Court, New York
Westborough, Massachusetts 01581-0001
www.allegromicro.com

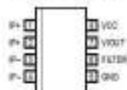
ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with
2.1 kVRMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

Functional Block Diagram



Pin-out Diagram



Terminal List Table

Number	Name	Description
1 and 2	IP+	Terminals for current being sensed, fused internally
3 and 4	IP-	Terminals for current being sensed, fused internally
5	GND	Signal ground terminal
6	FILTER	Terminal for external capacitor that sets bandwidth
7	VOUT	Analog output signal
8	VCC	Device power supply terminal

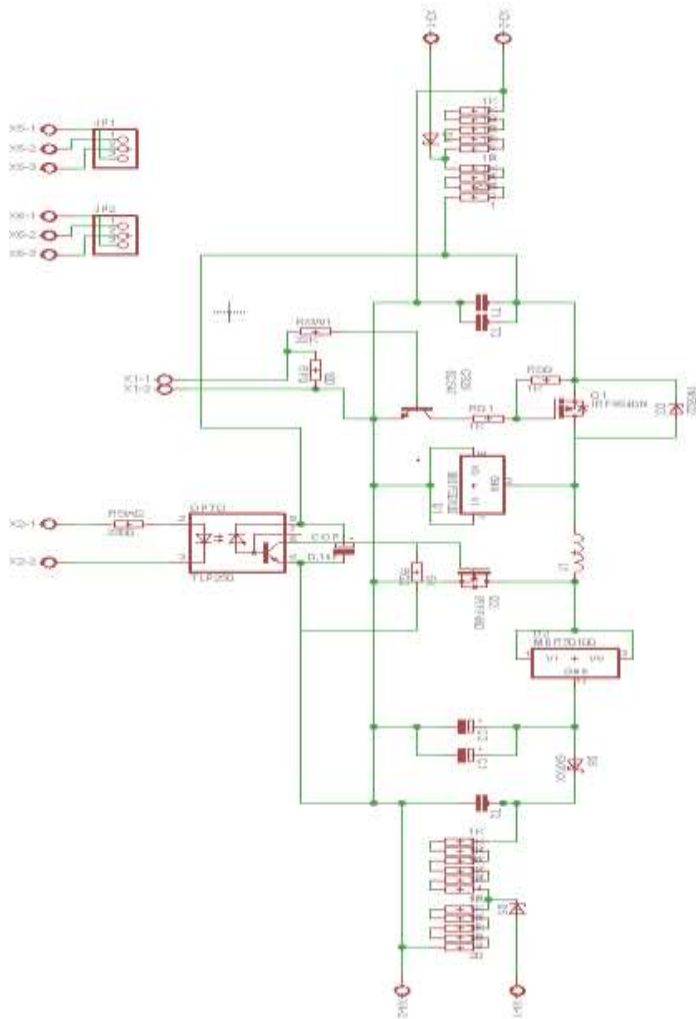


Allegro Microsystems, Inc.
110 Howard Court, Box 1080
Worcester, Massachusetts 01909-0108 (800) 424-6200
www.allegromicro.com

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

LAMPIRAN D FOTO

1. Skematik *Eagle* Rangkaian *Buck-Boost Converter*



2. Turbin *Croosflow* dan Generator DC Magnet Permanen



3. Bagian Elektrik Rangkaian *Buck – Boost Converter*



4. Tampilan *Liquid Crystal Display* (LCD) 20x4 saat Pengujian



5. Pengujian Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro dengan *Buck-Boost Converter*



-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

DAFTAR RIWAYAT PENULIS



Nama : Yunita Ika Agil Yani
TTL : Pati, 5 Juni 1995
Jenis Kelamin : Perempuan
Agama : Islam
Agama : Desa Geritan RT 05 RW
1, Pati, Jawa Tengah
Telp/HP : 085 740 183 014
E-mail : yunitaikaagilyani@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

1. 2001 – 2007 : SD Negeri Geritan, Pati
2. 2007 – 2010 : SMP Negeri 1 Pati
3. 2010 – 2013 : SMA Negeri 1 Pati
4. 2014 – 2017 : Departemen Teknik Elektro Otomasi, Program Studi Teknik Elektro Industri - Fakultas Vokasi - Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

PENGALAMAN KERJA

1. Kerja Praktek di PT. ORIENTAL ABADI INDONESIA, Surabaya
2. Kerja Praktek di PELINDO MARINE SERVICE, Surabaya

PENGALAMAN ORGANISASI

1. Anggota Departemen PSDM BEM FTI-ITS
2. Anggota Departemen HUBLU Himad3tektro